



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**EKOLOGIE VÝROBY, PROVOZU A ÚDRŽBY AUTO-
MOBILŮ**

ECOLOGY IN MANUFACTURING, OPERATION AND MAINTENANCE OF AUTOMOBILES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Pelíšek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Vojtěch Pelíšek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Ekologie výroby, provozu a údržby automobilů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Environmentální dopady automobilového průmyslu a masového užívání automobilů jsou nezpochybnitelné. Po ekologické stránce se výzkum v oblasti automobilů dlouhodobě nejvíce zaměřuje na snižování emisí výfukových plynů spalovacích motorů. Jaké jsou však moderní trendy ve snižování ekologické zátěže způsobené samotnou výrobou automobilů, jejich provozem, nezbytnou údržbou a následnou likvidací?

Cíle bakalářské práce:

Přehled moderních trendů pro snižování dopadů výroby automobilů na životní prostředí.
Přehled moderních trendů pro snižování dopadů provozu automobilů na životní prostředí.
Přehled moderních trendů pro snižování dopadů údržby automobilů na životní prostředí.
Přehled moderních trendů pro snižování dopadů likvidace automobilů na životní prostředí.

Seznam doporučené literatury:

KAMEŠ, Josef. Alternativní pohony automobilů. Praha: BEN – Technická literatura, 1. vydání, 2004. ISBN 80-7300-127-6.

VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: Prof. Ing František Vlk, DrSc., 2004. ISBN 80-239-1602-5.

HARRINGTON, Winston and MCCONNELL, Virginia. Motor Vehicles and the Environment, RFF report. Washington: Resources for the Future, 2003.

WELLS, Peter and ORSATO, Renato. The Ecological Modernisation of the Automotive Industry. Berlin: Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, 2004.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakult

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá automobily a jejich vlivem na životní prostředí v celém jejich průběhu života. Jsou zde představeny nejzávažnější problémy související s touto tematikou, ale také je poukázáno na ty problémy, které v současnosti nejsou středem pozornosti zájmu. V této práci je tedy představen ucelený pohled na tuto problematiku a jsou nastíněna některá možná řešení, která by v budoucnu mohla najít uplatnění.

KLÍČOVÁ SLOVA

ekologie, automobily, výroba, provoz, údržba, likvidace

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with cars and their impact on the environment throughout their life. There are presented the most serious issues related to this topic, but also the problems that are not currently the focus of interest. Therefore, this thesis presents a comprehensive view of this issue and outlines some possible solutions that could be used in the future.

KEYWORDS

ecology, cars, production, operation, maintenance, disposal

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PELÍŠEK, Vojtěch. *Ekologie výroby, provozu a údržby automobilů* [online]. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 50 s. Vedoucí práce bakalářské Petr Hejtmánek. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116857>

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Hejtmánka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Vojtěch Pelíšek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Petru Hejtmánkovi, Ph.D. za pomoc při vypracování mé bakalářské práce, za cenné rady a ochotu v průběhu celého roku.

OBSAH

Úvod	15
1 Od historie po současnost	16
2 Výroba automobilů	18
2.1 Materiály	18
2.2 Čedičová vlákna	19
2.3 Výroba pneumatik	19
2.4 Výroba elektromobilů	20
2.5 Srovnání elektromobilů a klasických automobilů	21
2.6 Technologie a montáž	23
2.7 Lakování automobilů	24
2.8 MRF-The micro factory retailing	24
3 Provoz automobilů	26
3.1 Emisní normy	26
3.2 Měření emisí	26
3.2.1 Měření emisí u nových automobilů	26
3.2.2 Měření emisí u ojetých automobilů	29
3.3 Alternativní paliva	29
4 Údržba automobilů	31
4.1 Opotřebení součástí	31
4.1.1 Opotřebení brzd	32
4.1.2 Opotřebení pneumatik	34
4.2 Provozní kapaliny	34
4.3 Čištění automobilu	35
5 Likvidace automobilů	37
5.1 Ekologická likvidace	37
5.2 Likvidace elektromobilů	38
5.3 Rozšířená odpovědnost výrobce	39
5.4 Druhá strana likvidace vozidel	40
5.5 Moderní biologicky rozložitelné materiály	41
5.5.1 PLA-Polymléčná kyselina	41
5.5.2 Cukrová řepa	42
5.5.3 Len	42
5.5.4 Ostatní materiály	43
Závěr	44
Použité informační zdroje	45

ÚVOD

Ekologie automobilů je v současné době bezpochyby jedno z nejvíce diskutovaných témat. Například motory automobilů jsou vyráběny podle stále přísnější emisní normy EURO a každý gram oxidu uhličitého zde hraje velkou roli. Již nyní se normy mění takovým tempem, že na ně výrobci mnohdy ani nestihnou včas zareagovat. Tyto normy se řídí především spotřebou paliva automobilu a množstvím vypouštěných emisí za provozu, zejména CO₂.

Co je však opomíjeno, je samotná výroba, údržba a také následná likvidace automobilů. S postupným rozvojem elektromobilů by problém spojený s emisemi mohl být alespoň z části vyřešen, stále se ale budeme muset potýkat s mnoha dalšími problémy, jelikož baterie například nevydrží tolik co spalovací motor a jejich výroba je velkou ekologickou zátěží. S tím jak v budoucnu poroste počet lidí a budou lepší životní podmínky i v rozvojových zemích, kde se zvýší příjmy, bude zhruba každých 10 let dvojnásobná produkce automobilů. [1] To je se současným nakládáním s automobily prakticky nereálné.

Přehled ukazující dopad na životní prostředí v průběhu života automobilu:

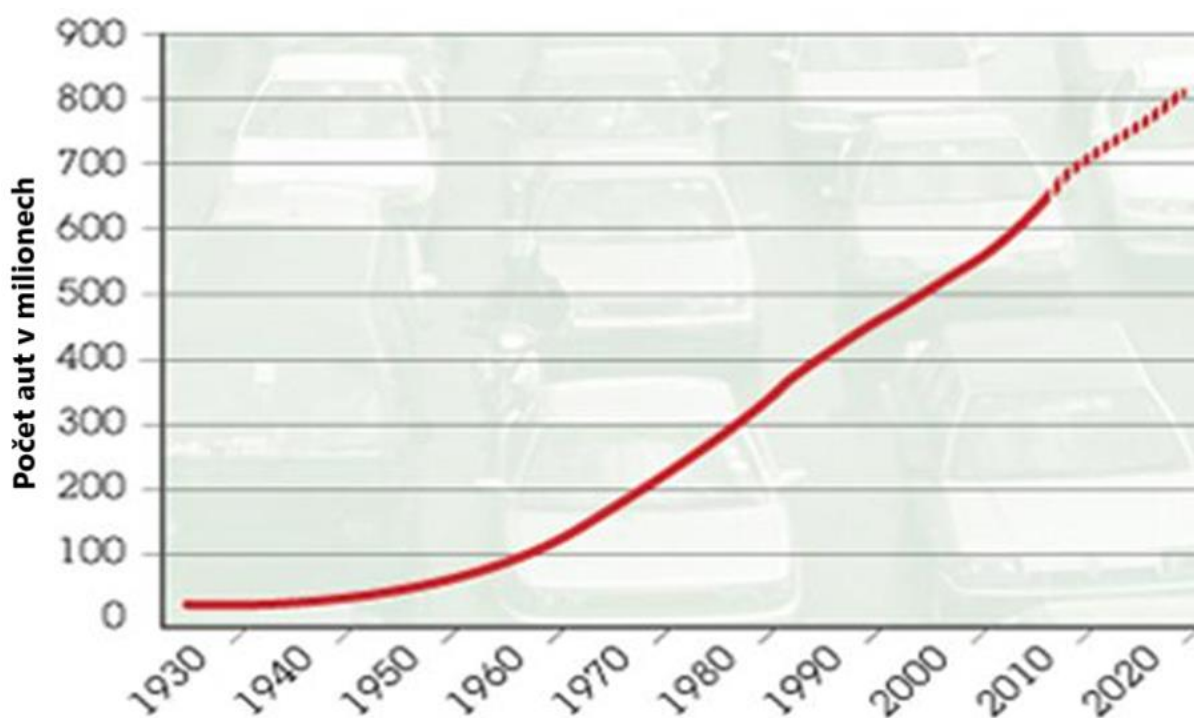
- 1 Předmontáž:
 - minerální těžba surovin (železná ruda, bauxit, olej, atd.)
 - přeprava surovin
 - výroba druhotných surovin (ocel, hliník, plasty, atd.)
 - přeprava těchto materiálů do výroben
 - výroba dílů a podsestav
 - přeprava komponent a podsestav
- 2 Samotná montáž vozidla:
 - znečištění způsobená v procesu montáže, zejména emise lakovny
 - uvolňování odpadních materiálů do půdy a do vodního systému
 - přeprava hotových vozidel zákazníkovi
- 3 Použité energie pro řízení vozidla:
 - znečištění způsobená emisemi z provozu a odpadními materiály (pneumatiky, brzdy, oleje, baterie, atd.)
 - požadavky na využití půdy (silnice, čerpací stanice, parkoviště, atd.)
 - škody na zdraví a životním prostředí
- 4 Demontáž a likvidace vozidla:
 - použití energie při demontáži
 - znečištění způsobené demontáží
 - přeprava recyklovaných odpadů
 - samotná recyklace [1]

Všechny tyto aspekty se nějakým způsobem podílejí na znečištění planety. Proto bych v této bakalářské práci rád ukázal celkový přehled těch nejvýznamnějších ekologických problémů spjatými s automobily.

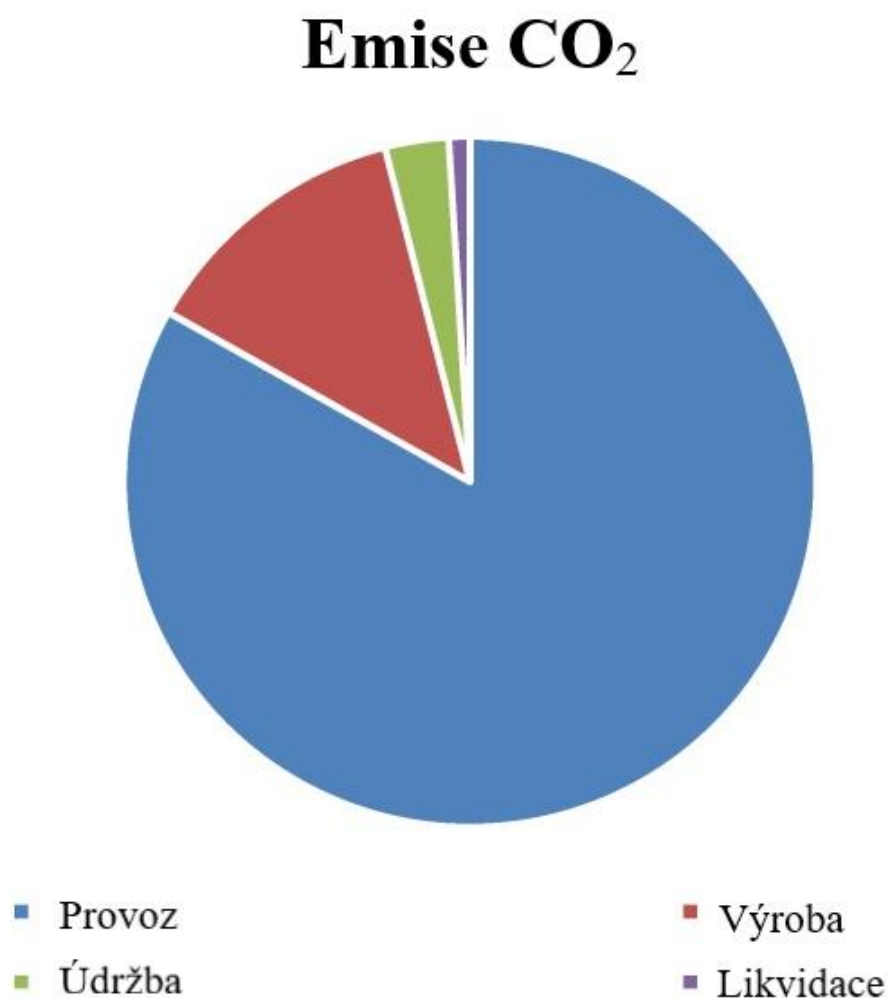
1 OD HISTORIE PO SOUČASNOST

První automobily se začaly vyrábět již na konci 19. století, avšak jejich masivní rozvoj nastal až ve 20. století. Zatímco na začátku minulého století byla výroba maximálně několik tisíc kusů, minulý rok to bylo 90 milionů osobních automobilů. Navíc po světě aktuálně jezdí okolo 1,3 miliard aut a jejich počet každoročně strmě stoupá. [2]

Na počátku se automobily vyráběly ručně a nakládání s materiály bylo velmi nešetrné. Množství vyrobených automobilů však bylo zanedbatelné. Průlom v rychlosti výroby nastal v roce 1913, kdy byla zavedena pásová výroba a auta se více rozšířila a zlevnila. Avšak co se týče ekologie, tak neexistovalo žádné nařízení, kterým by se automobilky musely řídit, nebyla zavedena žádná opatření, která by snižovala emise. Sice existovalo mnoho experimentů a konceptů, od biopaliv, po elektromobily, nikdo je však nebral vážně a prvním aktivním opatřením bylo až zavedení katalyzátoru v roce 1975 v USA. Nejvýraznější opatření na omezení emisí, bylo zavedeno až v roce 1993, přibližně 100 let od výroby prvního automobilu, a to norma EURO. Od té doby jsou normy upravovány stále častěji a přísněji. Prvním elektromobilem uvedeným na trh je od roku 1997 Toyota Prius. [3] Co se týče likvidace automobilů, ty byly likvidovány na vrakovištích a materiály nebyly ekologicky zpracovávány, většina odpadu byla uložena na skládkách a jen velmi malá část byla recyklována. V tomhle ohledu byl v České republice učiněn pokrok až po zavedení ekologické daně na podporu při ekologické likvidaci vozidel v roce 2009 [4]. V současnosti jsou tedy opatření týkající se ekologie na mnohem větší úrovni, než tomu bylo v minulosti, i tak je ale potřeba neustále něco zlepšovat.



Obr. 1.1 Počet osobních automobilů ve světě [2]



Obr. 1.2 Současný přehled emisí CO₂ v jednotlivých fázích automobilu [5]

V současné době se tedy většina vývoje soustředí převážně na provoz automobilů a jejich vyprodukované emise CO₂. Sice je patrné, že emise z provozu hrají největší roli, i přesto nelze jednoduše opomíjet ostatní faktory. Navíc si musíme uvědomit, že pokud za několik let budou převažovat elektromobily, tak se tento graf radikálně změní a bude potřeba se zaměřit právě na ostatní faktory.

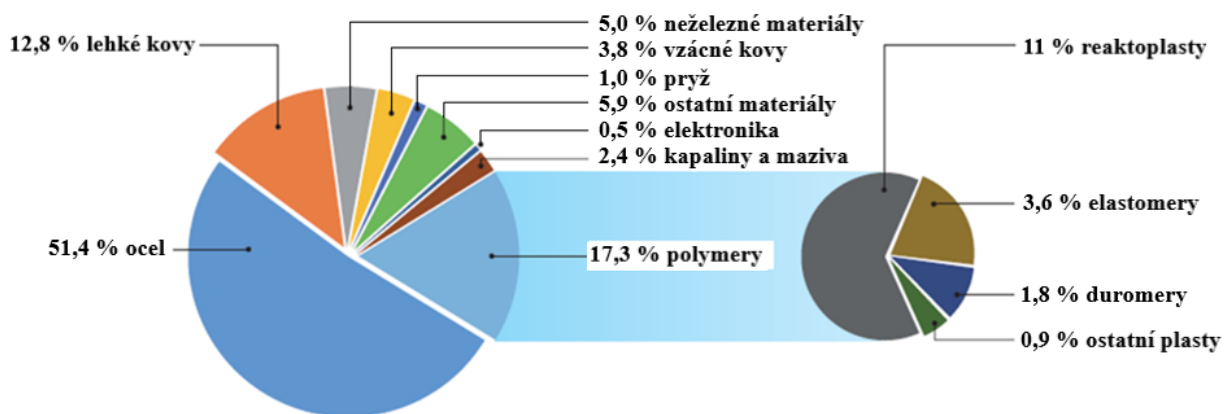
2 VÝROBA AUTOMOBILŮ

Nejprve je potřeba si uvědomit, že se auto skládá z několika desítek materiálů, od gumových pneumatik, přes mnoho typů polymerů, až po nespočet kovů. Ty musí být nejprve vytěženy, dále se musí zpracovat a nakonec se z nich požadovanou technologií vytvoří určitý díl. Jedno auto se skládá až z 30 tisíc dílů. Samotná výroba vozidla a emise s ní spojené tvoří 10 % celkového množství vyprodukovaných emisí. I přesto nelze tento fakt opomíjet, jelikož znečištění provozem je způsobeno v mnohem delším časovém úseku, než tohle znečištění výrobou. Průměrné auto váží 1500 kilogramů, ovšem to je jenom čistá váha hotového výrobku, při jeho výrobě se musí zpracovat okolo 26 tun vedlejších materiálů. [6]

2.1 MATERIÁLY

Konvenčních materiálů pro výrobu automobilu je celá řada. Nejčastěji používaným materiálem je ocel a její slitiny, hliník a jeho slitiny, dále pak mnoho typů polymerů, sklo a různé typy provozních kapalin. Ocel, hliník a sklo se dají jednoduše recyklovat a z velké části mohou být znovu využity. U polymerů je tato situace podstatně složitější a recyklace je velmi obtížná, nebo nemožná. Jako moderní materiál se však v poslední době hojně využívá uhlíkové vlákno. Do automobilového průmyslu zatím proniká pomalu, jeho výhodou je zejména velmi nízká hmotnost a dobré pevnostní vlastnosti. S ohledem na vysokou cenu a nedostatek tohoto materiálu je uhlíkové vlákno z velké části recyklováno. Budoucnost tohoto materiálu je však nejistá, jelikož pro masovější výrobu je ho příliš málo a výroba je časově i finančně náročná. [6]

Nabízejí se tak materiály budoucnosti, jako je například bavlna, konopí či dřevo. Výroba je zatím velmi zdoluhavá a náročná, jedná se však o 100% přírodní a recyklovatelné materiály, které by v budoucnu mohly přinést řešení v oblasti ekologie, navíc jsou tyto materiály lehké a levné. [7]



Obr. 2.1 Materiály použité v automobilu Mercedes Benz B-Class (upraveno) [6]

2.2 ČEDIČOVÁ VLÁKNA

I když se může zdát, že železo nebo hliník jsou přírodní a jednoduše recyklovatelné materiály, je zde problém spojený s nadměrnou těžbou těchto materiálů a se současným tempem se odhaduje, že za 30-50 let by těchto kovů nemusel být dostatek. Proto je důležitý vývoj dalších materiálů s podobnými vlastnostmi. Vlastnosti kompozitních materiálů z čedičových vláken mají výrazně lepší mechanické vlastnosti než ocel a jsou také výrazně lehčí. Při tavení čediče se do ovzduší neuvolňuje bór, oxidy alkalických kovů ani jiné škodlivé látky a zároveň je materiál schopen velmi rychlého rozložení v přírodě, tím pádem je velmi ekologický. Jeho hustota se pohybuje okolo 2500-2800 kg/m³ a pevnost v tahu dosahuje 3000-4800 MPa. Čedičová vlákna by mohla nahradit jak kovové, tak i plastové materiály nacházející se v automobilu. Jednou z jejich největších výhod oproti oceli je fakt, že nepodléhají korozi, takže jejich životnost je značně větší. Poslední za zmínku stojí jeho velmi dobrá vlastnost absorpce zvuku, která navíc se zvyšující se frekvencí roste až na hodnotu 0,9-0,99. Kompozity z čedičových vláken by tedy mohly být ideálním materiálem pro budoucí automobily. [8]

Tabulka 2.1 Vybrané vlastnosti čedičového vlákna a jemu podobných materiálů [8]

Typ vlákna	Hustota [g/cm ³]	Mez pevnosti v tahu [GPa]	Třecí faktor [-]	Opotřebení [10 ⁻⁷ cm ³ /Nm]
Azbestové	2,3	2,1	0,3	0,295
Čedičové	2,8	3,5	0,32	0,125
Skelné	2,5	3,4	0,35	0,183
Ocelové	7,5	0,95	0,48	0,208
Uhlíkové	2,5	2,5	0,39	0,090

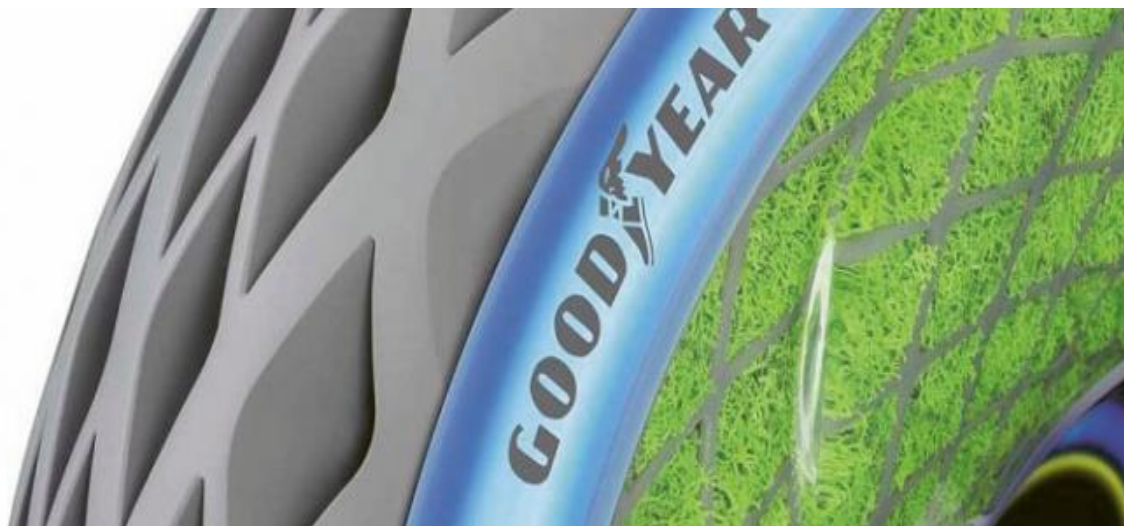
Jak si můžeme všimnout v tabulce 2.1, tak čedičové vlákno má výrazně lepší vlastnosti než klasická ocel a zároveň je i v některých ohledech lepší než podstatně dražší uhlíkové vlákno.

2.3 VÝROBA PNEUMATIK

Velkým problémem spojeným s výrobou automobilů, je výroba pneumatik vyráběných z kaučuku a gumy. Kromě kaučuku však pneumatika obsahuje mnoho dalších chemických materiálů, které jsou velmi škodlivé. Je tu sice možnost provádět tzv. protektorování, kdy se na již sjetou pneumatiku nanese nový vzorek a tím se zvýší její životnost. Nejčastějším způsobem konečného zpracování je však spálení a přeměna na energii.

Jsou však již výrobci, jako například Continental, kteří se tuhle situaci snaží řešit aktivně. Nedávno představili koncept pneumatiky, kde je kaučuk nahrazen pampeliškami. Společnost už dokonce dokázala vyrobit a otestovat pneumatiku složenou ze 100% přírodní gumy z pampelišek. Continental dokonce tvrdí, že tyto pneumatiky by se měly objevit v prodeji již za 5-10 let. Výhody tohoto konceptu jsou obrovské. Přírodní kaučuk se může pěstovat jen v některých oblastech v okolí rovníku a jeho spotřeba každoročně stoupá. Kaučukovník musí růst po dobu sedmi let, než je z něj možné vytěžit kaučuk, pampeliška naopak roste pouze jeden rok. Na pampelišky je navíc pohlíženo jako na nežádoucí plevel, i když je potřeba zdůraznit, že na výrobu přírodní gumy je nutno použít výhradně ruský druh této rostliny. To však není žádný problém, jelikož tento druh lze pěstovat kdekoli a rostlina je velmi odolná, z čehož vyplývá, že by odpadl problém s dovozem kaučuku a tudíž úspore emisí spojených s dopravou. O celkové ekologii tohoto přírodního materiálu, od výroby po likvidaci, není pochyb. [9]

Existují již však zcela odlišné koncepty, jako je třeba pneumatika Goodyear Oxygene. Pneumatika sice není recyklovatelná a vyrobena z pampelišek, dokáže však pomocí mechu, který se na ni přirozeně vyskytuje, a vlhkosti, vyrábět kyslík. To se hodí zejména velkým městům, kde je velká míra znečištění ovzduší. Díky tomuto procesu může tato pneumatika kompenzovat emise způsobené například právě spalováním ostatních pneumatik. Při použití u milionu aut by výroba kyslíku byla několik tisíc tun a zároveň by bylo vyčištěno několik tisíc tun oxidu uhličitého. Je tedy jisté, že pokud by navíc pneumatika byla vyrobena z již zmíněných pampelišek, jednalo by se o ideální kombinaci s ohledem k životnímu prostředí. [10]



Obr. 2.2 Koncept pneumatiky Goodyear Oxygene [10]

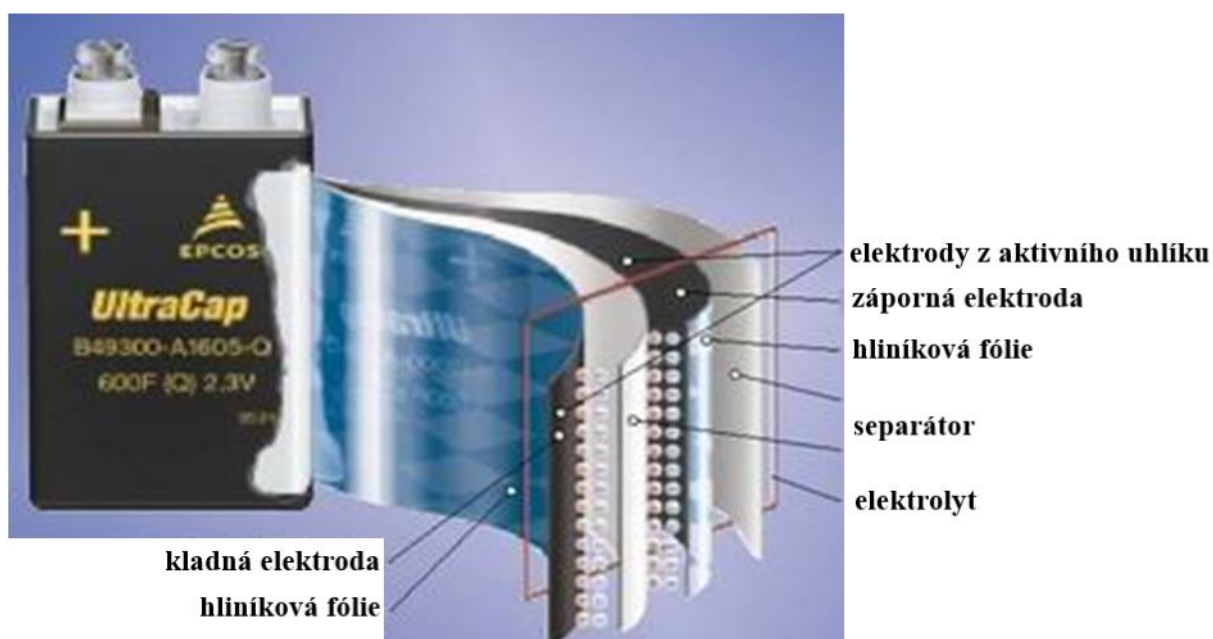
2.4 VÝROBA ELEKTROMOBILŮ

Z pohledu elektromobilů jsou materiály použité při výrobě stejné až na akumulátory, které mají hmotnost 100 i více kilogramů. Jsou složeny převážně z lithia a disulfidu železnatého, který se smíchá s aktivním uhlíkem. Jedná se ale o vzácné kovy, kterých je málo a recyklace je obtížná a ne příliš ekonomická, jelikož je elektromobilů zatím málo. Při výrobě baterií jsou kladeny velmi vysoké nároky na přesnost a čistotu, jelikož každý malý nedostatek má za následek velký vliv na životnost baterií. Automobilky například přichází s řešením, kdy je baterie po snížení její životnosti na 80 % použita k jiným účelům a může ještě dlouho sloužit v různých zařízeních. Snahou je však vytvořit akumulátory s vyšší energetickou hustotou a tím pádem co největší životností. [11]

Budoucnost by proto mohla patřit superkondenzátorům, které se dokážou nabít za velmi krátkou dobu a jejich kapacita je mnohonásobně větší než u klasických akumulátorů. Ve srovnání s aktivním uhlíkem je grafen ideální elektrodou superkondenzátoru a to díky své velké ploše. [12] Dále má vynikající elektronovou a tepelnou vodivost, vysokou mechanickou pevnost a vysokou hustotu energie. Jejich základem je klasický válcový kondenzátor, který dosahuje kapacity až 3 400 F, běžně používané kondenzátory mají kapacitu stovky až tisíce mikrofaraďů. Na rozdíl od klasických kondenzátorů se mezi deskami nenachází dielektrikum, ale elektrolyt a tenká deska. V oblasti ekologie by to znamenalo výrazný pokrok, jelikož by superkondenzátory měly delší životnost a tím pádem by došlo k úspoře materiálu a energie spojené s jejich výrobou. [11]

Tabulka 2.2 Porovnání základních parametrů superkondenzátoru a baterie [11]

Vlastnosti	Superkondenzátor	Li-ion baterie
Dobíjecí čas	1-10 [s]	10-60 [min]
Počet dobítí	1 milion	500 a více
Napětí	2,3-2,75 [V]	3,6-3,7 [V]
Výkon	až 10 000 [W/kg]	1000-3000 [W/kg]
Cena za Wh	\$20	\$0,5-1
Životnost	10-15 let	5-10 let
Nabíjecí teploty	-40 až 65 [°C]	0 až 45 [°C]
Provozní teploty	-40 až 65 [°C]	-20 až 60 [°C]



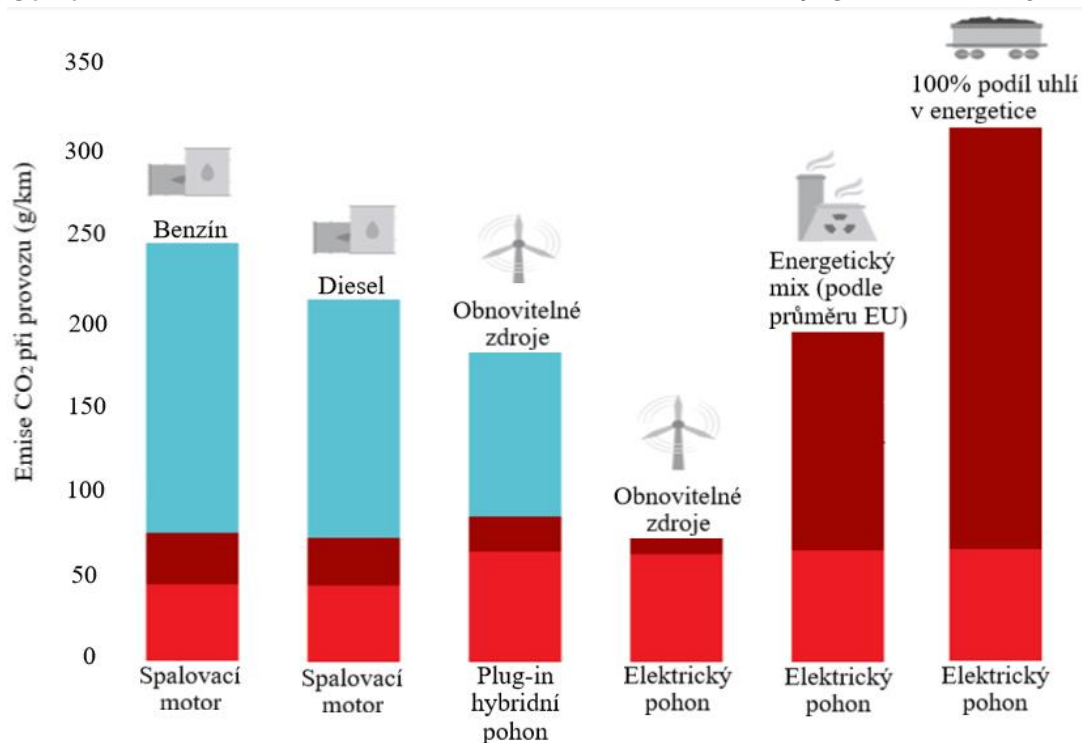
Obr. 2.3 Obrázek superkondenzátoru [12]

2.5 SROVNÁNÍ ELEKTROMOBILŮ A KLASICKÝCH AUTOMOBILŮ

Emise z výroby elektromobilů, převážně z baterií, jsou přibližně o 60 % vyšší než u klasických automobilů, detailnější pohled viz tabulka 2.4. Pokud má elektromobil tyto emise nějak vykompenzovat, musí být v provozu minimálně 60 tisíc kilometrů a navíc elektrina, kterou je dobíjen, musí být vyrobena nejméně z 50 % z obnovitelných zdrojů. Na druhou stranu to však nejsou žádné nedosažitelné cíle a už nyní tuto podmínku splňuje převážná část elektromobilů. [13]

Tabulka 2.3 Množství vyprodukovaných emisí CO₂ při výrobě automobilu [13]

Součásti		Emise CO ₂ na výrobu automobilu [kg]	
		ICEV ¹	EV ²
Základní součásti	Interiér, exteriér, sklo	2768	4394
	Podvozek	1685	2666
Hnací součásti	Hnací systém (motor)	2093	146
	Převodový systém	617	455
	Trakční motor	-	1179
	Elektrický regulátor	-	1010
Baterie a kapaliny	Li-ion baterie	-	2789
	Kapaliny	230	98
	Pneumatiky	677	677
Montáž	Montáž Li-ion baterií	-	142
	Montáž vozidla	1064	1064
Celkem		9134	14642



■ Výroba a likvidace vozidla
■ Produkce paliva
■ Emise O₂

Poznámka: Hodnoty se vztahují k průměrnému vozidlu střední třídy a jsou kalkulovány k nájedu 220 000 km.

Obr. 2.4 Srovnání celkových emisí automobilů a elektromobilů [14]

¹ ICEV – Automobil s klasickým spalovacím motorem [13]

² EV – Elektromobil

V obrázku 2.4 můžeme vidět celkové množství emisí vyprodukovaných automobily a elektromobily s ohledem na jejich výrobu, provoz a likvidaci. Je možné vyčíst několik zajímavých údajů. V současnosti je v EU elektromobil přibližně stejně emisně náročný jako klasický automobil. S přibývajícím podílem obnovitelných zdrojů se tato situace v budoucnu určitě přikloní ve prospěch elektromobilů. Na druhou stranu ale nelze přehlédnout, že provoz na elektřinu z klasických uhelných elektráren výrazně přispívá na množství emisí elektromobilů. Když tedy vezmeme v potaz země mimo EU, které mají mnohem menší podíl elektráren na obnovitelné zdroje, tak zde zatím vychází hůř provozovat elektromobil. Což je fakt, který není dostatečně brán v potaz, že nejprve je nutné vybudovat dostatečný počet elektráren na obnovitelné zdroje, jinak je provoz elektromobilů škodlivější a nedává tím pádem smysl.

2.6 TECHNOLOGIE A MONTÁŽ

Po zavedení montážních linek se produktivita enormně zvýšila. Dnešní nejvýkonnější linky dokáží produkovat auto každých 17 sekund. Lidská práce je uplatněna pouze u závěrečného sestavení a kontroly vozidla. Převážná část výroby a hlavně svařování veškerých součástí je prováděno za pomoci desítek až stovek robotů. Když se nad tím zamyslíme, tak i tito roboti jsou složeni z mnoha druhů oceli, plastů a dalších materiálů, které je potřeba ekologicky zpracovat. Jejich efektivita a ekonomická výhoda je však nezpochybnitelná. Technologie jsou na velmi vysoké úrovni, takže množství odpadu nebo tzv. „zmetků“ je minimální. Vše je řízeno automaticky, což přispívá k zamezení jakýchkoli chyb a tím pádem ke zlepšení efektivity a ekologie výroby. [15]



Obr. 2.5 Moderní výrobní linka [15]

2.7 LAKOVÁNÍ AUTOMOBILŮ

I když by se mohlo zdát, že nástřik karoserie je pouze malou částí v celém procesu výroby, opak je pravdou. Pouze lakování vozidla se totiž podílí až 60% na celkové spotřebě energie v průběhu výroby automobilu. Při probíhajícím lakování pak pouze tato operace zatěžuje továrnu přibližně 10-20% aktuální spotřeby energie. Je tedy jisté, že v budoucnu budou potřeba nové, energeticky šetrnější způsoby lakování. [16]

Dalším velmi škodlivým faktorem je znečišťování vody. To už je naštěstí z velké části vyřešeno, jelikož rozpouštědla se používala do konce 90. let minulého století. Dnes většina automobilů používá nátěry na bázi vody. To přináší výhody jak z ekologických, tak bezpečnostních důvodů. U současných moderních lakoven je velmi důležitá rychlá výměna odstínu laku a je kladen maximální důraz na kvalitu laku. Při tak časté výměně barvy je proto důležitá recyklace, to bylo možné u klasických rozpouštědel, kde byla uplatňována destilace, která již nelze aplikovat na vodné roztoky. Při opláchnutí vodou zůstává roztok obsahující přibližně 20 % laku. Existuje však již řešení, že voda by se jednoduše odpařila a tím se oddělila od zbytku barvy. Navíc při testování se prokázalo, že tento způsob lze provádět téměř donekonečna a vedlejším důsledkem by také byla úspora energie o zhruba 15 %. [17]

2.8 MRF-THE MICRO FACTORY RETAILING

Další důležitou věcí, kterou je potřeba si uvědomit je to, že většina dílů pro automobilový průmysl pochází od mnoha různých dodavatelů. Díly jsou dováženy prakticky ze všech koutů světa a tato logistika, zejména lodní doprava, způsobuje enormní znečištění a výrobu by proto bylo nejvýhodnější centralizovat. Příkladem může být například továrna v Brazílii, kde sedm výrobců automobilových součástí spolupracuje s Volkswagemem v jedné továrně, a tím se ušetřilo jak místo, tak se i výrazně snížila ekologická zátěž. Touto integrací a také omezením počtu dodavatelů se ušetří jak náklady na výrobu auta, tak se sníží výsledné znečištění. [1]

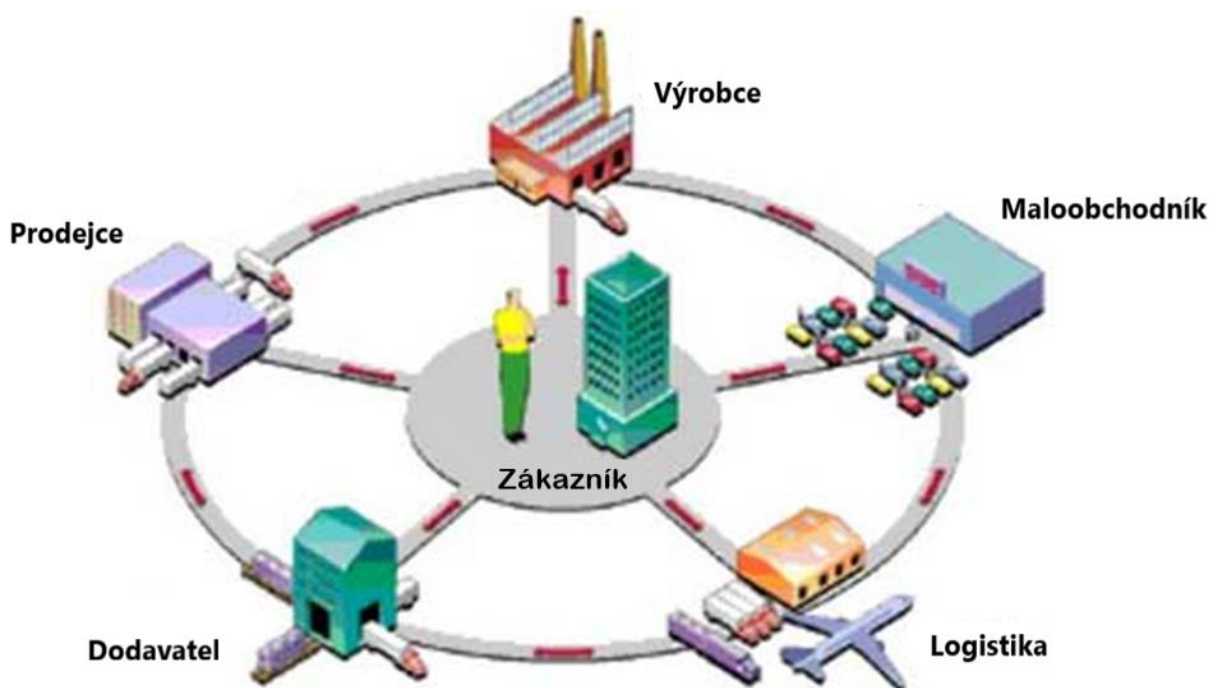
Proto byl představen obchodní model MRF sloužící k dosažení průmyslové přeměny. MFR představuje radikální změnu vztahů mezi výrobní technologií, procesní technologií, obchodní organizací, nákupem a používáním automobilů. Musíme vzít v úvahu, jak daleko toto přemýšlení o velkém průmyslu zásadně změní podmínky v podnikání, v sociální oblasti a environmentálních podmínkách. Model MRF má na starost soustředit veškeré služby týkající se aut, od jejich výroby, přes opravy, údržbu i prodej, až po jeho následnou likvidaci. To by bylo možné postavením obřích továren nebo i celých měst, kde by se tyto služby soustředily.

Toto řešení by určitě přineslo zlepšení v ekonomice, vytvořilo by mnoho nových pracovních příležitostí a všechny společnosti by spolu mohly úzce spolupracovat. Výrobci automobilů by přímo spolupracovali s výrobcí náhradních dílů a ti dále se servisy a opraváři. Zamezilo by se také špatné kvalitě výrobků a podvodům na vzdálených místech, jelikož by spolu organizace úzce spolupracovaly a vzájemně na sebe dohlížely. Odpadly by starosti s obří logistikou a dopravou materiálu ze všech koutů světa.

Z ekologického hlediska by se výrazně ušetřila elektrická energie a znečištění vody by se zmenšilo. Dalším zajímavým aspektem je, že továrna může v průběhu času přecházet od zaměření na výrobu nových automobilů až po další, které se zabývají servisem a opravami. To znamená, že továrna zcela nezávisí na pokračování prodeje nových aut. To pomáhá zmírnit tendenci k nadměrné výrobě. Náklady na výzkumy souvisejícími se životním prostředím, při nadměrné výrobě automobilů, jsou zřídka řešeny, je ale zřejmé, že to má zásadní význam v dlouhodobém

horizontu. Konečně MFR může fungovat jako místo shromažďování vozidel s ukončenou životností, s možností stát se zařízením pro demontáž. To jistě usnadní opakované použití a recyklaci materiálů.

Je zde však několik zásadních nevýhod. Zejména nutnost vybudovat obří komplexy o rozloze až několika desítek čtverečních kilometrů, které by významně zasáhly do životního prostředí. Stávající továrny by již nebylo možné přemístit, a tak by musely vznikat pouze nové továrny a montovny. Bylo by to zejména vhodné řešení pro rozvíjející se ekonomiky, které by se tak mohly poučit. Ve všech odvětvích automobilového průmyslu je ovšem příliš velká konkurence na to, aby bylo možné něco takového v současnosti uskutečnit. [1]



Obr. 2.6 Současný model výroby (upraveno) [18]

Jak můžeme vidět na obrázku 2.6, v současném modelu spolu všichni partneři spolupracují, dodavatelé, logistika, maloobchodníci, továrny a distributoři. Všechny tyto jednotky jsou však rozptýleny na velké vzdálenosti, což přináší velkou ekologickou zátěž z důvodu neustálého přesouvání výrobků. Model MRF by všechny tyto korporace spojil do jednoho uskupení.

3 PROVOZ AUTOMOBILŮ

Provoz automobilů je bezpochyby nejvíce diskutovaným tématem s ohledem na ekologii. Vždyť znečištění způsobené samotným provozem automobilu vytváří až 80 % celkového znečištění v průběhu života automobilu. [19] Dohromady se pak tyto emise podílejí přibližně 42% NO_x a 47% CO na celkovém znečištění planety způsobeném těmito plyny. Proto se jako nejúčinnější opatření zavádí měření emisí vypuštěných do ovzduší. [20]

3.1 EMISNÍ NORMY

Tabulka 3.1 Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO [21]

Rok/norma		CO [g/km]		NO _x [g/km]		HC+NO _x [g/km]		HC [g/km]	Pevné částice [g/km]
1992	I	3,16	3,16	–	–	1,13	1,13	–	0,18
1996	II	2,20	1,00	–	–	0,50	0,70*	–	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	–	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	–	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	–	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	–	0,17	0,10	0,005

BENZÍNOVÉ MOTORY, NAFTOVÉ MOTORY

* 0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva

** 0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliva

V tabulce 3.1 je vidět, že současná norma EURO 6 je platná od roku 2014, tahle norma se však dále dělí, v současnosti je platná EURO 6.2 a od roku 2020 to bude norma EURO 6.3. Lze tedy pozorovat, že tento vývoj jde strmě nahoru a automobilky na něj musí reagovat již mnoho let dopředu. Nejnovější dohoda Evropské unie uvádí, že do roku 2030 se produkované emise musí snížit o 35 %. Vývoj spalovacích motorů je již však na samé hranici a snížení o každé procento je velmi náročné. Proto se to výrobci budou snažit kompenzovat prodejem hybridních a elektrických automobilů, jelikož množství přípustných emisí se uvádí jako průměr ze všech vyráběných modelů dané automobilky. Odhaduje se proto, že kolem roku 2030 již polovina všech nabízených modelů bude hybridních nebo na elektrický pohon tak, aby mohly být tyto limity splněny. [22]

3.2 MĚŘENÍ EMISÍ

Rozlišujeme dva základní typy jak měřit a kontrolovat emise výfukových plynů.

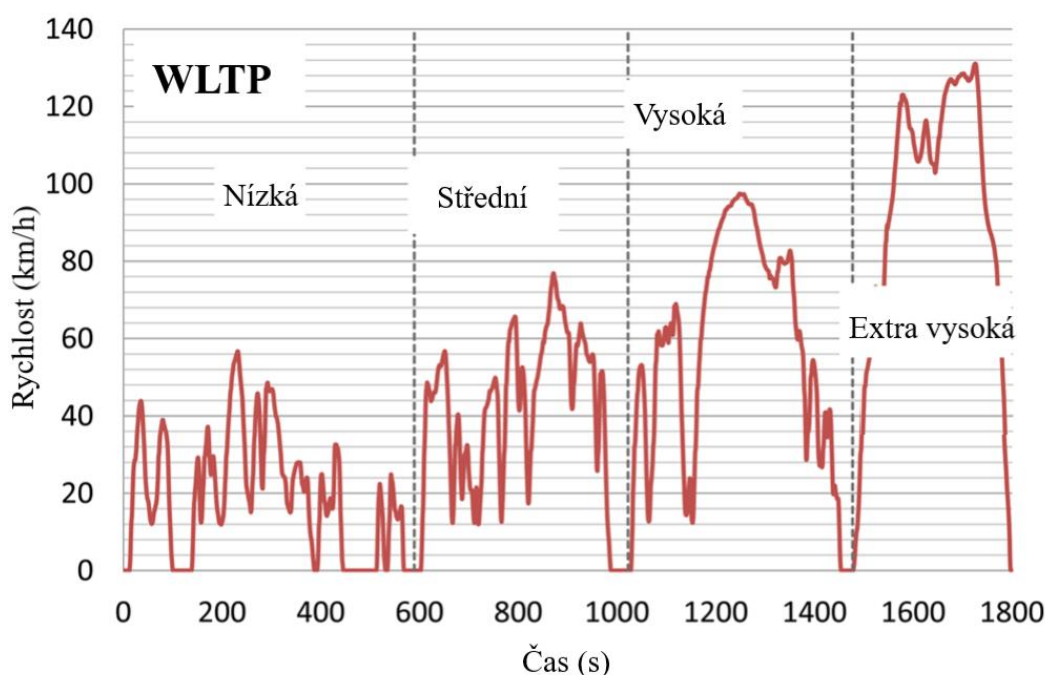
3.2.1 MĚŘENÍ EMISÍ U NOVÝCH AUTOMOBILŮ

Tím prvním je měření v laboratořích na válcové zkušební pomoci různých měřících cyklů, například cyklu NEDC³. Tento cyklus se však výrazně liší od reálných hodnot a zejména po kauze Dieseldgate⁴ od něho začaly automobilky ustupovat. Ukázalo se, že reálné hodnoty za provozu mohou být až sedmkrát vyšší než ty naměřené. Proto automobilky začaly přecházet na nové testovací cykly jako je WLTP⁵, který slibuje velmi blízké hodnoty těm reálným. Auta jsou měřena s přihlédnutím na jejich reálné vlastnosti, jako je hmotnost, výbava atd. Testování pomocí

NDEC zahrnuje městský provoz, který je charakterizován nízkou rychlostí, nízkou zátěží motoru a nízkou teplotou výfuku a mimoměstský provoz, který je agresivnější a více zatěžuje motor. WLTP se pak skládá ze čtyř rychlostních fází, nízká, střední, vysoká a extra vysoká. Má tedy dynamičtější profil rychlosti a skládá se z 84 % zrychlování nebo zpomalování, 13 % na volnoběh a pouze 4 % při konstantní rychlosti. Naopak NDEC se skládá ze 40 % konstantní rychlosti, 36 % zrychlování nebo zpomalování a 24 % při volnoběhu. [23]

Tabulka 3.2 Detailní srovnání cyklů NEDC a WLTP [23]

Cyklus	NEDC	WLTP
Délka [s]	1180	1800
Vzdálenost [km]	11,03	23,27
Průměrná rychlost [km/h]	33,6	46,5
Maximální rychlost [km/h]	120	131,3
Zrychlování [%]	20,9	43,8
Zpomalování [%]	15,1	39,9
Maximální zrychlení [m/s^2]	1,04	1,67
Maximální zpomalení [m/s^2]	1,39	1,5



Obr. 3.1 Graf znázorňující průběh měření při cyklu WLTP [23]

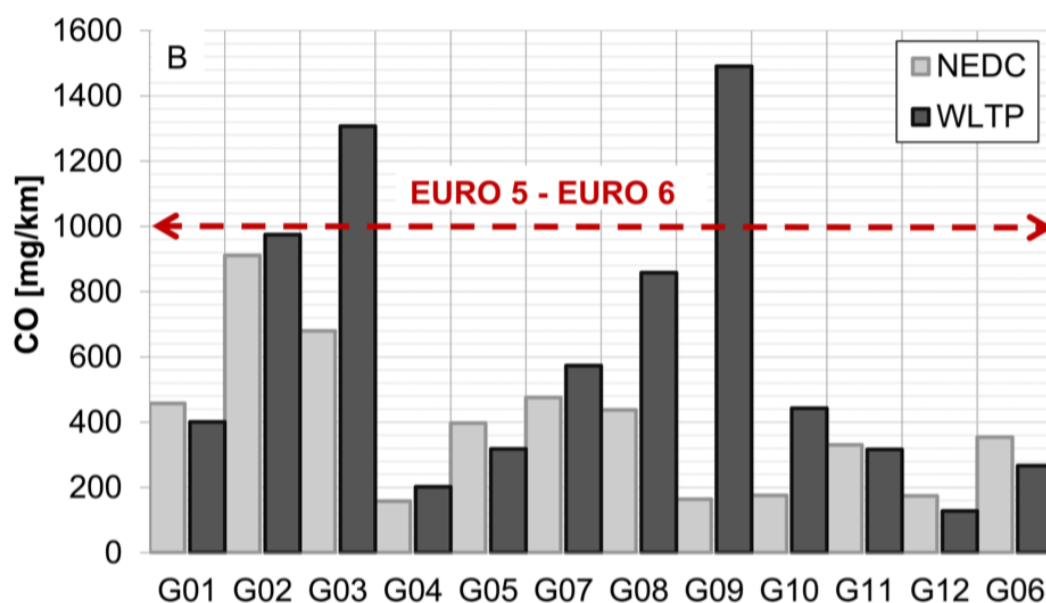
Pro srovnání měřicích cyklů NEDC a WLTP viz obrázek 3.2, je ukázán rozdíl v naměřených emisích oxidu uhelnatého. Lze pozorovat, že většina typů vozidel splňuje povinné limity až na dva případy, přesto je patrné, že při měření cyklem WLTP jsou naměřené emise průměrně vyšší

³ NEDC-New European Driving Cycle [23]

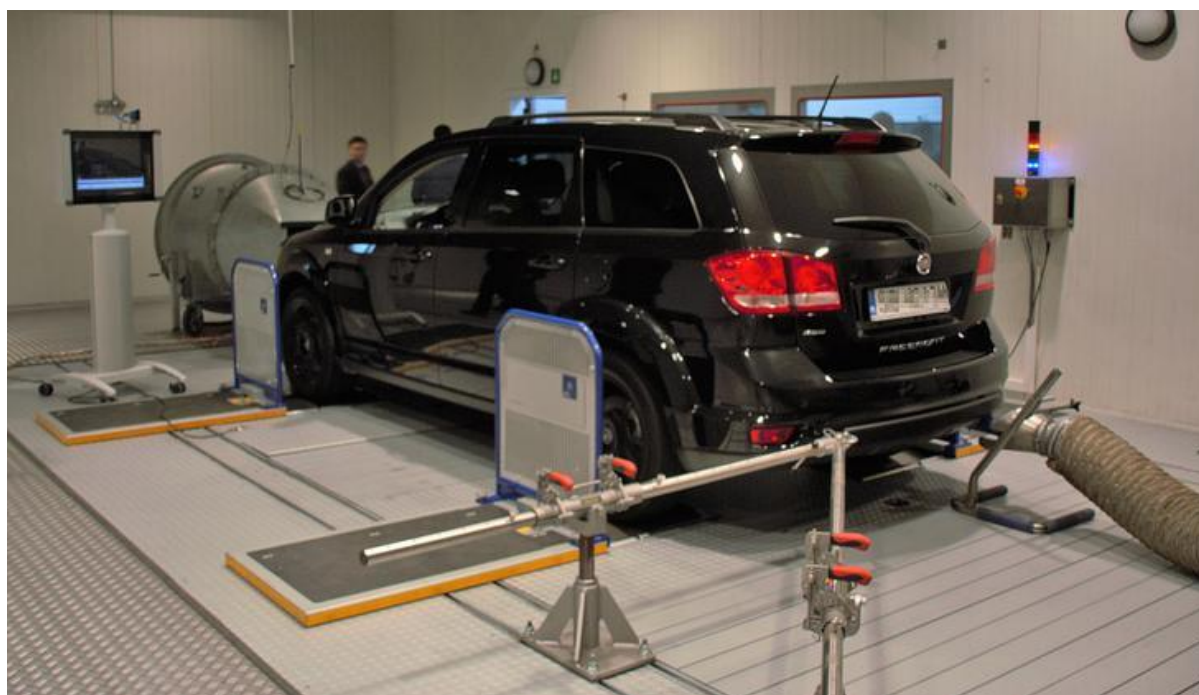
⁴ Aféra, která vznikla v Americe, kde bylo zjištěno, že Volkswagen úmyslně nainstaloval do řídící jednotky software, který dokázal rozpoznat měření emisí a díky tomu upravit nastavení motoru tak, aby emise vyhovovaly [23]

⁵ WLTP-Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure [23]

než u cyklu NEDC. V současnosti se tedy tímto měřícím cyklem musí řídit veškerá nově vyrobená auta.



Obr. 3.2 Naměřené emise CO u cyklu WLTP pro různé typy vozidel [23]



Obr. 3.3 Měřicí cyklus v reálné laboratoři [24]

3.2.2 MĚŘENÍ EMISÍ U OJETÝCH AUTOMOBILŮ

Další typ měření probíhá na stanici měření emisí, které je prováděno pravidelně každé 2 roky. Tohle měření zaznamenalo poslední dobou zejména v České republice mnoho významných změn, aby se maximálně zamezilo podvodům. Automobil je nejprve napojen na diagnostickou jednotku, kde jsou vyčteny veškeré závady související s měřením emisí. Auto je online napojeno na systém ministerstva dopravy, které může aktuálně sledovat průběh kontroly. Technik je povinen pořídit fotografie a tím vyloučit vážné nedostatky, jako například vymontovaný katalyzátor nebo filtr pevných částic. Pak probíhá samotné měření emisí, kde u zážehových motorů se měří oxid uhelnatý, nespálené uhlovodíky a lambda koeficient a u vznětových motorů se měří kouřivost. Celý tento model má za úkol přispět ke zlepšení situace způsobené emisemi starých automobilů, u kterých je vysoké riziko podvodu při měření. [25]

Samotný průběh měření se pak skládá z několika částí. U zážehových motorů se nejprve kontrolují volnoběžné otáčky po dobu maximálně 5 minut. Otáčky nesmí kolísat a musí se držet v daném rozsahu. Následuje měření při zvýšených otáčkách po dobu 15 sekund a dále měření volnoběžných otáček po dobu 10 sekund. Výsledná hodnota se získá jako průměr z každé části měření.

U vznětových motorů se opět překontrolují volnoběžné otáčky. Dále se však měří pouze tzv. kouřivost. Testování probíhá tak, že se pedál plynu sešlápne na maximum a jakmile otáčky dosáhnou omezovače je možné měření ukončit. Doba akcelerace ale nesmí překročit čas 5 sekund, jinak je měření neplatné. Výsledná hodnota kouřivosti je nejvyšší zaznamenaná hodnota. [25]

Pokud se na závěr zamyslíme nad ekologií ohledně těchto měření, můžeme spekulovat jak moc je tento test průkazný a jak moc se přibližuje reálným hodnotám. Co však víme s jistotou je, že u elektromobilů tento problém s měřením zcela odpadne. Z ekonomického hlediska to bude pro stanice měření emisí jistě zničující, z pohledu ekologie to ale bude znamenat významný přínos.

3.3 ALTERNATIVNÍ PALIVA

V současnosti se většina vývoje u osobních automobilů zaměřuje na elektrický pohon. U nákladních automobilů nebo dokonce lodí či letadel je to velmi složitý úkol. Výraznou úsporou emisí by tak mohly být alternativní paliva jako třeba LNG⁶. Zejména biologické LNG pocházející z farem by ušetřilo miliony tun CO₂ a to především v nákladní dopravě. Tohle palivo by tak mohlo zcela nahradit naftu a to i u osobních automobilů. [26]

Dalším typem ekologického paliva je biopalivo. Biopalivo je obecný pojem označující jakékoli kapalně palivo vyrobené ze zdroje biomasy např.: řasy, kukuřice, cukrové třtiny nebo oleje. Všechny tyto typy biopaliv však nemůžou plnohodnotně nahradit palivo, a proto jsou pouze dodávány jako přísada v různém poměru do klasického paliva. Tak například vzniká bionafta. Tento typ paliva ovšem tvoří pouze zanedbatelnou část současného prodeje, a to přibližně 1 %. Obrovská výhoda biopaliv i LNG spočívá v tom, že není potřeba předělávat stávající spalovací motory, i přesto zatím není dostatečná podpora těchto paliv. Opět je zde ale velký háček, díky

⁶ Zkapalněný zemní plyn [26]

kterému tyto paliva nemohou výrazně proniknout. Pěstování plodin pro biopaliva by znamenalo enormní rozšíření polí a to by také byla velká zátěž pro životní prostředí, zejména náročnost na vodní zdroje. Dále by se například musely vykácat velké oblasti, a to bychom se opět dostali mimo zájmy ekologie. [27]

Tabulka 3.3 Roční emise skleníkových plynů u lehkých užitkových vozů při nájezdu 21000 km [27]

Palivo	Roční emise skleníkových plynů [kg CO ₂]
Zkapalněný zemní plyn (nejedná se o bio)	3730
Benzín	3630
Hybridní pohon s podílem 10% elektřiny	3290
Zemní plyn	2990
Hybridní pohon s podílem 40% elektřiny	2600
Biopalivo	1040
Elektřina s větším podílem obnovitelných zdrojů	1030
Vodík	840

V tabulce 3.3 si můžeme všimnout, že biopalivo, elektřina a vodík mají nejmenší množství vyprodukovaných emisí. U těchto zdrojů je však velmi těžké určit přesné množství emisí, závisí to na mnoha proměnných aspektech. Co můžeme tvrdit s jistotou je, že tyto paliva mají do budoucna největší potenciál stát se primárními zdroji.

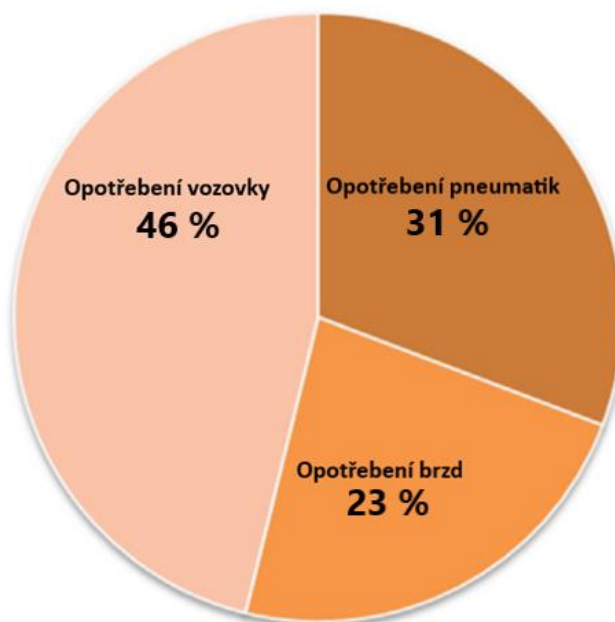
Za mě osobně je nejideálnějším palivem vodík. Pokud je vodík používán jako palivo v elektrických vozidlech s palivovými články, je jedinou emisí vozidla voda. Nejednou bylo dokázáno, že tato voda je dokonce plně pitná. Pokud se vodík používá jako palivo ve spalovacím motoru, emisemi jsou opět voda, dále pak oxidy dusíku a některé typy chemikálií, nejčastěji z maziv. Výroba vodíku je možná dvojím způsobem. Rychlým a efektivním způsobem jak získat vodík je výroba z fosilních paliv, což opět přispívá ke zvýšení emisí, nebo elektrolyzou vody, u které sice nevznikají emise, výroba je však velmi náročná a zdoluhavá. Dále je potřeba ještě vyřešit několik bezpečnostních problémů, než se budou moci tyto automobily výrazněji prosadit. [27]

4 ÚDRŽBA AUTOMOBILŮ

Údržba automobilu nastává prakticky ihned po předání automobilu zákazníkovi. Spadají do ní veškeré úkony nutné pro provoz automobilu. S ohledem na ekologii je potřeba vzít v úvahu opravy a následnou recyklaci náhradních dílů, výměnu veškerých provozních kapalin a opotřebením součástí, jako jsou pneumatiky atd. S údržbou souvisí i takové věci, jako třeba umývání automobilu v mycí lince. Všechny tyto faktory spadají do tzv. neemisního znečištění.

4.1 OPOTŘEBENÍ SOUČÁSTÍ

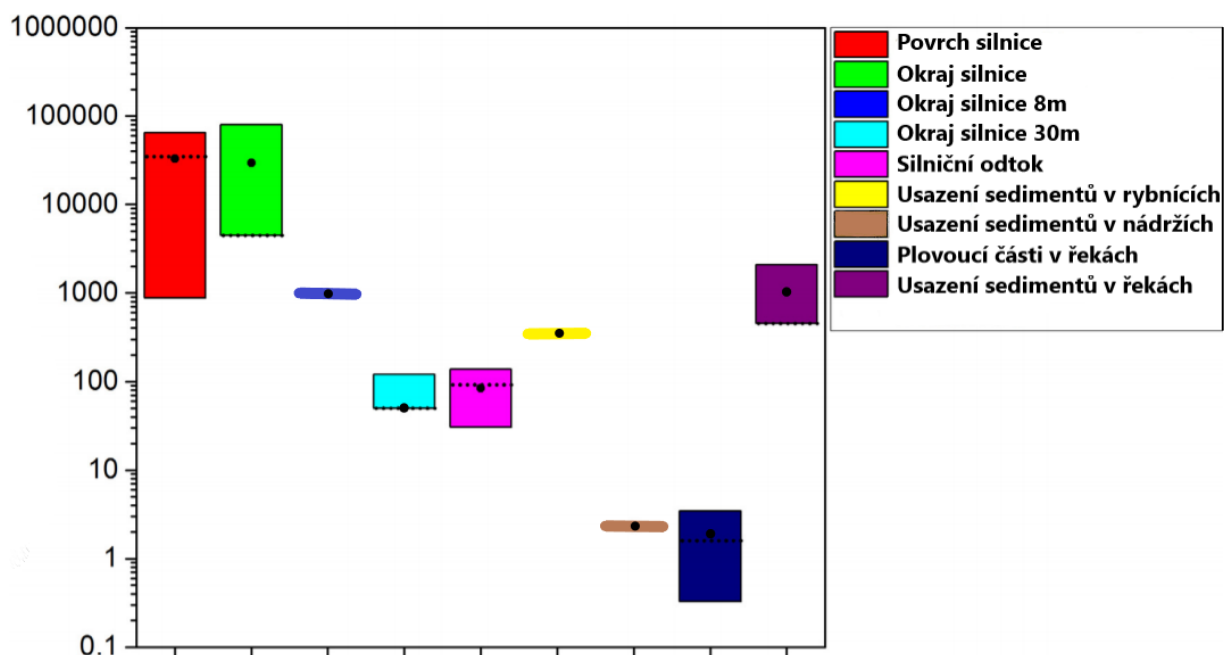
Na automobilu se nachází mnoho součástí, které podléhají přirozenému opotřebením. Typické příklady jsou brzdové destičky, pneumatiky, stěrače i třeba opotřebením vozovky. V měřítku mnoha milionu aut už tyhle faktory výrazně přispívají k ekologické zátěži a znečištění životního prostředí.



Obr. 4.1 Znečištění způsobené opotřebením základních součástí středně velkého auta [28]

Jak si lze povšimnout z obrázku 4.1, tak největší znečištění je způsobeno opotřebením samotné vozovky a následnou údržbou. Pokud bychom se na tento problém podívali detailněji, pak si je potřeba uvědomit, že emise pocházejí jak z asfaltu a jeho přípravy, tak ze stavebních strojů, bez kterých by stavba silnic nebyla možná. Musí se brát v potaz také značení cest, jako jsou značky, semaforey, ale hlavně značení silnic pomocí nátěrů, pruhy, přechody pro chodce apod. Všechna tato fakta lze snadno přehlížet, jak ale ukazuje obrázek 4.1, podílejí se na znečištění téměř 50%.

Podle dat z roku 2014 vznikne pouze v EU 1 327 000 tun odpadu z opotřebením součástí za jeden rok. Celosvětově tedy v řádu milionů tun odpadu, který končí usazením ve vodách či půdě v blízkosti vozovky. Nejhorší na celé této situaci je fakt, že se tohle množství nesnižuje, naopak se každoročně zvyšuje z důvodu rostoucího počtu automobilů a touto problematikou se nikdo dostatečně nezabývá. Podrobný přehled koncentrací škodlivých látek v okolí silnic a vodních zdrojích ukazuje následující obrázek. [28]



Obr. 4.2 Koncentrace škodlivých látek v mg/kg (upraveno) [28]

Zhruba asi 10 % vzniklých nečistot je rozptýleno do okolního vzduchu. Zbylých 90 % se usazuje v okolí, jak ukazuje graf, viz obrázek 4.2. Rozsah koncentrací škodlivých látek je udáván v mg/kg s ohledem na typ komunikace a její vytíženost. Nejvyšší koncentrace je tedy soustředěna v okolí dálnic a velkých měst, kde je provoz největší.

4.1.1 OPOTŘEBENÍ BRZD

Pokud se podíváme na brzdové destičky, zjistíme, že na jejich výrobu a obložení je potřeba až 3000 různých materiálů. Převážnou část sice tvoří železo, měď a zinek, i tak se zde nachází mnoho nebezpečných prvků, jako je třeba rtuť a v rozvojových zemích se stále využívá dokonce azbest. Když vezmeme v úvahu, že automobil do jeho vyřazení najede 300 000 km a brzdové destičky společně s kotouči se vymění každých 50 000 km, tak máme celkem 48 brzdových destiček a 24 brzdových kotoučů. To je mnoho kilogramů odpadu, ze kterého skončí velká část usazená v přírodě při samotném brždění a zbytek je při výměně recyklován. [29]

Opotřebení brzd se podílí 23 % na bezemisních zdrojích, díky němu se však do přírody dostávají velmi škodlivé chemické látky. Rozlišujeme tři základní typy brzdového obložení a to NAO⁷, polokovové a nízkokovové. V Evropě jsou nejvíce používány destičky nízkokovové, které jsou v porovnání s NAO náchylnější na opotřebení, a převážnou část nečistot tvoří železo. Mimo to se v nich nachází např.: sulfidy, zirkon, antimon, rtuť, baryum, nikl a mnoho dalších prvků. Vzhledem k silné konkurenci mezi výrobci není složení zveřejňováno, a tak je velmi těžké určit podrobné složení. Je tedy nutné analyzovat co nejvíce vzorků a získat tím co nejlepší přehled o škodlivých látkách, které se zde vyskytují. [29] Podle některých studií se díky opotřebení brzd dostane do ovzduší více pevných částic, než vypustí motor normy EURO 6. Již v současnosti se proto tímto výzkumem zabývají některé organizace a plánuje se například opatření v podobě jakéhosi vysavače, který by při brždění odsával nebezpečné částice. Ten bude navíc možné namontovat i na starší automobily. [30] Výraznější pokrok se však dá očekávat, až nastoupí elektromobily, a tím pádem tyhle bezemisní nečistoty budou mít mnohem

větší váhu. Zatím se také přesně neví, jaké důsledky mají tyto částice na člověka. Přehled množství uvolněných látek do prostředí uvádí následující tabulka.

Tabulka 4.1 Množství látek vyloučených do prostředí u průměrného automobilu [29]

Látka	Emisní faktor (předpokládaná vyšší zátěž) [$\mu\text{g}/\text{km}$]
C	1507
S	82
Fe	10 781
Cu	546
Zn	215
Sn	155
Al	144
Si	289
Zr	54
Ti	61
Sb	120
Cr	55
Mo	41



Obr. 4.3 Příklad možného řešení brzdového vysavače [30]

V USA je současnou snahou snížit obsah mědi na 0,5 % do roku 2025, ta je totiž hojně používaná zejména pro tyto vlastnosti [31]:

- zlepšuje tepelnou vodivost polštářku a tím snižuje kontaktní teploty
- působí jako výztuha a tvoří primární plošiny
vyvolává hladké kluzné podmínky a tím snižuje hluk

⁷ Organické bez azbestu [29]

To sice neřeší veškeré problémy, měď však způsobuje významnou část znečištění zejména vodních toků. Dalším opatřením, kterým by se EU měla řídit po roce 2020, je minimalizovat množství mikro a nanočástic, jelikož tyto malé částice jsou hlavním problémem pro životní prostředí a jsou velmi nebezpečné pro lidský organismus. [31]

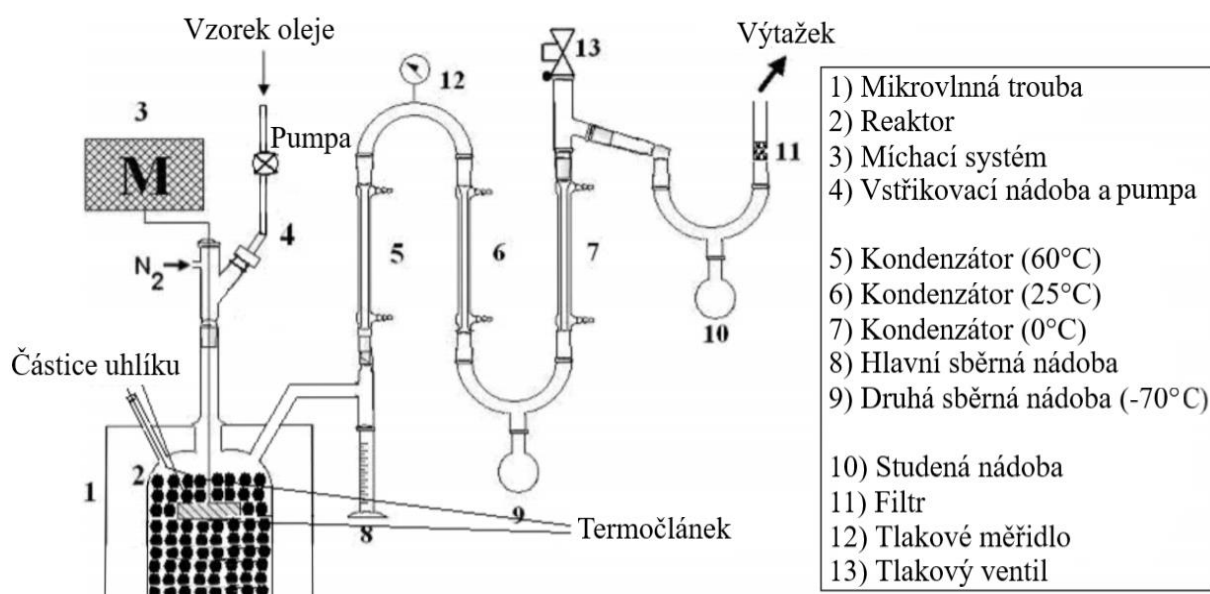
4.1.2 OPOTŘEBENÍ PNEUMATIK

Další nezanedbatelnou částí údržby jsou pneumatiky. U nich dochází k neustálému uvolňování částic z pryžové gumy do ovzduší. Pneumatiku ale tvoří mnoho chemických a syntetických látek, které ulpívají na vozovce a v okolí cest. Když pak začne pršet, jsou tyto škodlivé látky splaveny do kanalizací, řek a mohou se dostat i do zdrojů pitné vody. Působí škody ve sladkovodních oblastech a způsobují tak problémy organismům žijícím v těchto prostředích. Opět si musíme uvědomit fakt, že automobil za svůj život vystřídá okolo 24 kusů pneumatik a znečistí ovzduší mnoha kilogramy škodlivých látek.

U pneumatik je největším problémem uvolňování zinku, který se v pneumatice vyskytuje ve formě ZnO a ve složení tvoří 1,5 % obsahu. V USA se odhaduje, že tyto emise jsou zodpovědné za přibližně 2,4-36 % celkového vstupu zinku do atmosféry. Vzhledem k mnoha toxickým látkám obsažených v gumě pneumatiky nelze toto číslo přesněji odhadnout. V budoucnu by se tak mohly vyskytnout nové typy silnic, které by měly schopnost pohltit tyto nebezpečné části pneumatik, a zabránit tak jejich dalšímu šíření do okolního prostředí. Dalším řešením by také bylo vybudování okolních kanálků či bariér, které by efektivně dokázaly zachytit, nebo v případě dešťů odplavit nebezpečný odpad. [32] S ohledem na kapitolu 2.3 je však zřejmé, že v případě pneumatiky vyrobené z přírodních materiálů, by tento problém zcela vymizel.

4.2 PROVOZNÍ KAPALINY

V automobilu se nachází několik typů provozních kapalin, které je potřeba pravidelně vyměňovat. Většinu už je možné recyklovat, problém je hlavně motorový olej, který zároveň tvoří největší část těchto kapalin. Ročně se ho na celém světě vyprodukuje 24 milionů tun. Recyklace je komplikovaná, jelikož se v oleji nachází saze, kovy a nečistoty z přísad jako jsou chlorované parafiny. Nejčastějším způsobem nakládání s použitým olejem je jeho spálení a výroba energie, to však k jeho rostoucímu množství není vhodné z důvodu uvolňování dalších emisí. Existují již však některé ekologické postupy na recyklaci oleje, například parolýza, která využívá mikrovlnný ohřev. [33]



Obr. 4.4 Schéma parolýzy (upraveno) [33]

Jak můžeme vidět na obrázku 4.4, odpadní uhlovodíky se mísí s vysoce absorpčním materiálem, kterým je uhlík. Jako výsledek mikrovlnného ohřevu jsou tyto uhlovodíky tepelně rozloženy na kyslík a kratší uhlovodíkové řetězce. Plyné produkty následně kondenzují do kapalných olejů různých forem v závislosti na vstupních látkách a reakčních podmínkách. Ohřev pomocí mikrovln je navíc velmi efektivní a účinný, s výkonem přes 90 % a nabízí velký potenciál u materiálů, které je velmi obtížné recyklovat. [33] Je však jisté, že tento problém bude definitivně vyřešen až po rozšíření elektromobilů.

4.3 ČIŠTĚNÍ AUTOMOBILŮ

I když si tuhle skutečnost uvědomuje jen málo lidí, s údržbou automobilu souvisí i jeho pravidelné čištění, které také významnou měrou přispívá ke znečištění planety. Zaprvé je potřeba vzít v úvahu množství vody vynaložené na umytí vozidla, která je následně společně s mycími prostředky odváděna do kanalizace. Pokud bychom měli porovnat čištění automobilu v mycí lince a doma, tak zjistíme, že v mycí lince je použito více vody, která ale putuje do kanalizace a dále do čističky odpadních vod. Při čištění doma je určité použito méně vody, ta ale společně s čisticími prostředky končí například na zahradách nebo dokonce v řekách a vodních zdrojích. Při čištění motoru se pak do vody dostává také samotný olej, který je většinou přítomen na motoru a také palivo. Množství polycyklických aromatických uhlovodíků usazených ve vodě je průměrně 172 µg/l vody. Tyto uhlovodíky jsou velmi nebezpečné pro lidi a způsobují rakovinu.

Podle výzkumu provedeného v okolí Viktoriina jezera, kde žije okolo 400 tisíc obyvatel, bylo zjištěno, že v důsledku mytí vozidel se do jezera ročně dostane 51 tisíc litrů oleje a paliva. Množství koncentrace uhlovodíků v některých vybraných vodních zdrojích ukazuje následující tabulka. [34]

Tabulka 4.2 Koncentrace uhlovodíků v určitých vodních zdrojích [34]

Řeka	Rok	Koncentrace uhlovodíků [μg/l]
Mississippi, USA	1999	5,6-68,9
Labe, Hamburk, Německo	1993	107-124
Seina, Francie	1993	4-36
Brisben, Austrálie	2002	5-12
Gaoping, Taiwan, Čína	2000	10-9400
Tonghui, Peking, Čína	2002	193-2651
Viktoriino jezero, Keňa	2006	3320-47600

Jak si lze povšimnout, tak z vybraných lokalit je právě nejvíce znečištěné Viktoriino jezero, a to z důvodu vysokého výskytu mycích stanic v úzkém okolí jezera a neekologického vypouštění odpadních vod do jezera. Opět si můžeme uvědomit, že tento problém se vyřeší s příchodem elektromobilů, to je ale ve zmíněné Africe daleká budoucnost.

5 LIKVIDACE AUTOMOBILŮ

Likvidací automobilu je myšleno jeho odstranění po skončení životnosti, kdy už je provoz ekonomicky nevýhodný. Je zajímavé, že s rostoucím počtem vyrobených automobilů zůstává počet zlikvidovaných vozidel přibližně na stejné hodnotě. V EU se tohle číslo dlouhodobě pohybuje okolo 6 milionů kusů. [35] Jedním ze způsobu nakládání s vysloužilým vozem, který už v dnešní není běžný, je klasické sešrotování automobilu za pomoci hydraulického lisu. Automobil je vhozen do lisu mnohdy i s pneumatikami, skly a většinou součásti a po sešrotování je pouze uskladněn na skládce. Tento způsob však byl používán zejména v minulosti, kdy byla ekologie na minimální úrovni. Dnes je proto výhradně upřednostňována ekologická likvidace automobilů. [36]

5.1 EKOLOGICKÁ LIKVIDACE

U nás v České republice nastal výrazný zlom 1. 1. 2009, kdy byla zavedena daň na podporu při ekologické likvidaci vozidla. Majitel vozidla je povinen tento poplatek jednorázově uhradit a tím přispět na podporu při ekologické likvidaci automobilu. [4]

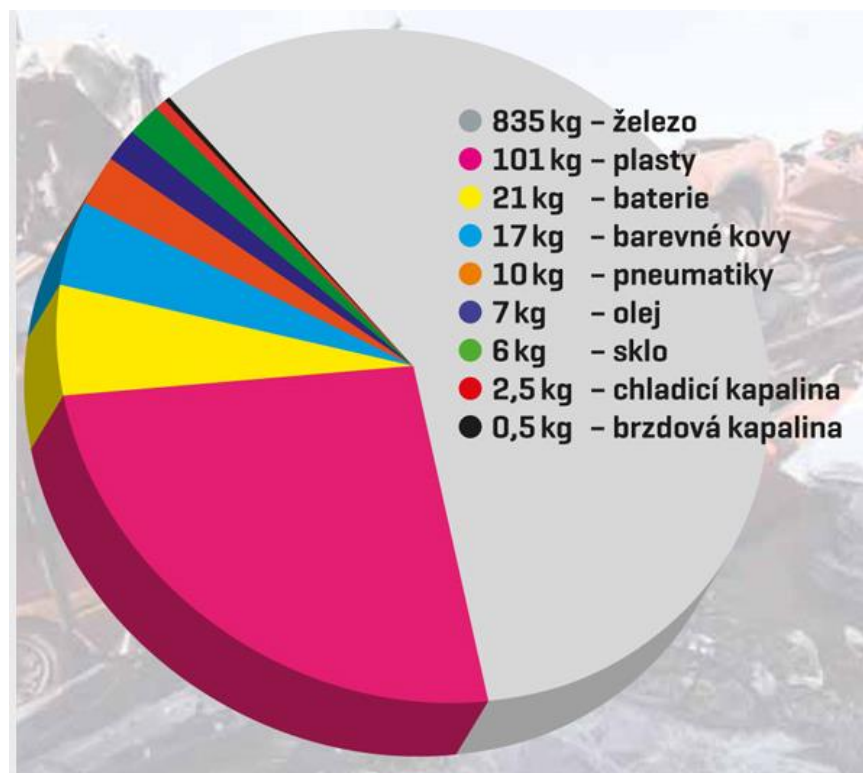
Tabulka 5.1 Ekologická daň za automobil dle normy EURO [4]

Norma	v platnosti od	poplatek
Bez katalyzátoru	-	10000 Kč
EURO-1	1993	5000
EURO-2	1996	3000 Kč
EURO-3	2000	Bez poplatku
EURO-4	2005/6	Bez poplatku
EURO-5	2009	Bez poplatku
EURO-6	2014	Bez poplatku

U normy EURO 3 se již několikrát jednalo o jejím zavedení, do této doby však ještě nevstoupila v platnost.

Jak taková ekologická likvidace probíhá?

Po přivezení automobilu na vrakoviště se nejprve zkontrolují veškeré formální náležitosti a auto by mělo být kompletní. Následuje několik úkonů, které mají za úkol zbavit auta nebezpečných součástí, jako jsou např.: veškeré provozní kapaliny a oleje, pneumatiky, akumulátor a světlomety. Odstraní se také cenné věci i ty, které se případně dají ještě využít a to zejména katalyzátor, startér, skla a veškeré kabely. V ideálním případě se demontují všechny kovové součásti, to je však časově náročné, a tak auto nejčastěji putuje do drtičky odpadů. Zde je rozebráno na drobné součásti, zařízení však dokáže oddělit železo od ostatních kovů i zbylý plastový odpad. Plastový odpad je však většinou nerecyklovatelný a končí na skládkách, kovový odpad se dá opětovně přetavit a použít pro další účely. Smutným faktem ovšem zůstává to, že i přes zavedení poplatku se majitelé snaží za každou cenu vydělat co nejvíce, a proto se snaží likvidaci urychlit na maximum a nedbají na ekologickou zátěž, nebo vraky prodávají do zahraničí, kde tyto nařízení na ekologickou likvidaci neplatí. [36]



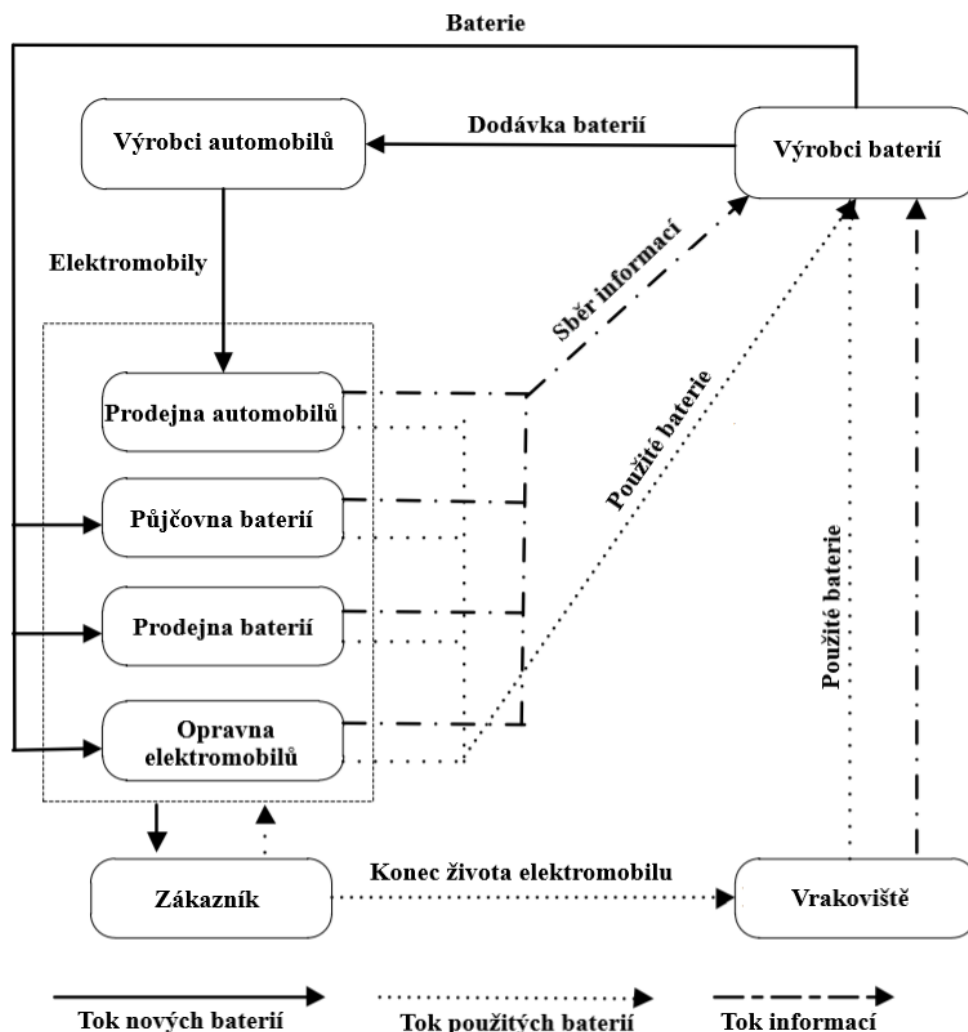
Obr. 5.1 Průměrné složení odpadu z autovraku na 1000 kg [36]

5.2 LIKVIDACE ELEKTROMOBILŮ

V současné době se recyklace elektromobilů provádí jen v zanedbatelném měřítku. Za prvé jen hrstka elektromobilů dosáhla konce své životnosti a za druhé ještě nejsou výrazně rozšířené. Se samotnou likvidací je to podobné jako s klasickým automobilem až na baterie, které budou v budoucnu velkým problémem. Jejich průměrná životnost je podstatně kratší než samotná životnost automobilu, okolo 5-8 let a mají nezanedbatelnou hmotnost 100 i více kilogramů. [37]

Nejlepším řešením tohoto problému by bylo, aby samotní výrobci spolupracovali se zákazníky a s autovrakovišti a aktivně se podíleli na recyklaci těchto baterií. Má to hned několik důvodů. Zaprvé samotní výrobci nejlépe znají složení svých výrobků, a proto by dokázali efektivně a rychle rozložit danou baterii. Zadruhé rozložený a recyklovaný materiál by následně mohli využít u svých dalších výrobků. Jako poslední a hlavní výhodou by bylo to, že výrobci by následně měli snahu o co nejefektivnější výrobu a následnou recyklaci v jejich vlastním zájmu. Znamená to, že by výroba byla uzpůsobena tak, aby bylo možné baterii co nejrychleji rozložit a hlavní části použít opakovaně. Nemusely by také vznikat recyklační centra a stanice, a s tím spojené nároky na logistiku. Lze tedy tvrdit, že tento systém by mohl být tím nejekologičtějšíм způsobem jak nakládat s již vysloužilými bateriemi. [37]

Jak můžeme vidět na obrázku 5.2, výrobci by sbírali potřebné informace od všech subjektů a díky této zpětné vazbě by měli možnost tento systém recyklace podstatně vylepšit a urychlit.



Obr. 5.2 Schéma recyklace baterií při spolupráci s výrobcí (upraveno) [37]

5.3 ROZŠÍŘENÁ ODPOVĚDNOST VÝROBCE

Pokud se zamyslíme nad likvidací jakéhokoliv produktu, vždy jeho život končí na skládce, či je recyklován, to se ale už děje bez jediného zásahu výrobce. Týká se to i automobilů, a jelikož je tento produkt podstatně komplikovanější než většina ostatních výrobků, je nutné radikálně změnit přístup.

O spolupráci výrobce se zákazníkem bylo zmíněno v předchozí kapitole ve spojitosti s bateriemi. Toto řešení by se ovšem mohlo uplatnit i pro celé vozidlo. Pokud se nad tímto problémem zamyslíme, zjistíme, že výrobce nemá snahu o efektivní využití výrobku, jelikož ho nemusí trápit, co se s ním po skončení životnosti stane, protože to už není jeho starost. Naopak ten co má na starost likvidaci daného výrobku nemůže ovlivnit z jakého materiálu je vyroben nebo jak jednoduše půjde recyklovat, tím pádem nemůže likvidace dosáhnout potřebné efektivity. Tím prvotním znečišťovatelem, který je posléze odpovědný za veškeré další problémy, je právě výrobce. Z toho vyplývá, že dokud nebudou všichni výrobci odpovědní za svůj produkt po celou dobu jeho života, nikdy nedosáhneme tak dokonalého řešení, jako v tomhle konkrétním případě. [38]

Tabulka 5.2 Přehled odpovědností spadajících pod výrobce [38]

Politické nástroje	Příklady
Administrativní	Zákazy Předpisy Odpovědnost za zpětný odběr Cíle recyklace
Ekonomické	Daně Poplatky Poplatek za likvidaci výrobku
Informační	Informace Výzkum a vývoj
Dohody	Sociální smlouvy Neformální a nezávazné dohody

Tabulka 5.2 ukazuje nástroje, podle kterých by se měli výrobci řídit, při plné odpovědnosti za konkrétní výrobek.

Průkopníkem tohoto systému je Švédsko. Nejen že zde jako v první zemi byly zavedeny poplatky na likvidaci, zároveň jako první země ukládá alespoň částečnou povinnost, aby se nejen zákazník, ale i výrobce finančně podíleli na likvidaci vozidla. Nyní má Švédsko jeden z nejpracovanějších systémů a podíl recyklovaných vozidel i ostatních produktů je nejvyšší na světě. Ostatní země EU mají v současnosti nastavené vlastní pravidla a nařízení, jak nakládat s autovraky. Základní myšlenkou ovšem zůstává, že je potřeba si uvědomit, že za likvidaci jsou odpovědní především výrobci a uživatelé a vrakoviště jsou pouhými zprostředkovateli těchto služeb. [38]

5.4 DRUHÁ STRANA LIKVIDACE VOZIDEL

I když bylo o likvidaci vozidel a jejího dopadu na životní prostředí řečeno mnoho negativ, existují studie, které naopak tvrdí, že pravidelná likvidace vozidel a snižování průměrného stáří vozového parku vede ke snížení celkových emisí z provozu o 30 %. To je způsobeno právě čím dál přísnějšími normami a modernějšími technologiemi, které se podílejí na snižování emisí výfukových plynů. V Nizozemsku pak byla provedena další studie, která uvádí, že celkově je recyklováno 70 % všech automobilů a z nich je možné získat nazpět 50 % všech materiálů. Celkem tedy 35 % všech materiálů použitých v automobilech lze opětovně využít a toto číslo je již určitě vyšší. [19]

Ovšem je tu další háček. Tato studie je platná pro aktuálním období, kdy se likvidují automobily převážně vyrobené před rokem 2000, maximálně pak do roku 2010. Zde si můžeme povšimnout, že snaha o snížení emisí vede ke komplikovanosti automobilů a hlavně k výraznému zvyšování hmotnosti než tomu bylo v minulých letech. Můžeme proto brzy dospět do situace, kdy

bude naopak lepší si ponechat stávající automobil po co nejdelší období, a tím dosáhnout celkového snížení emisí za život automobilu.

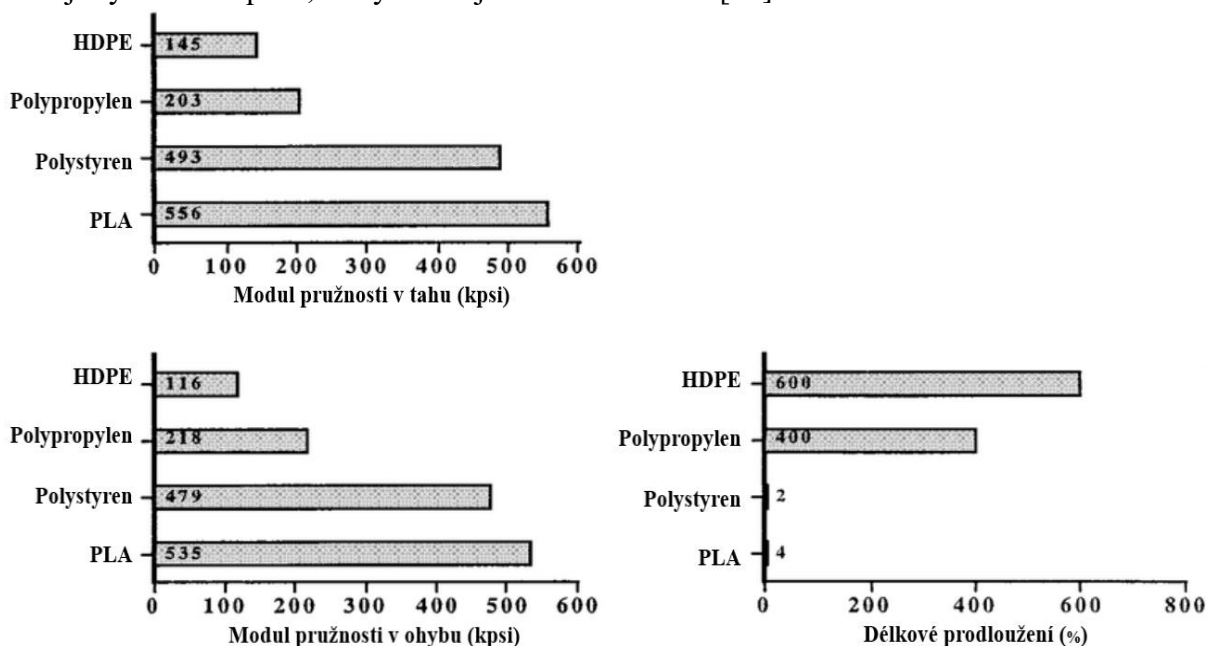
5.5 MODERNÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ MATERIÁLY

Při likvidaci automobilu hraje nejdůležitější roli jeho materiál. To jestli je materiál recyklovatelný nebo ne, je zásadním faktorem celé ekologické likvidace. V tomhle ohledu jsou největším problémem veškeré typy polymerů, které jsou navíc v automobilech zastoupeny stále ve větším množství. V roce 1970 tvořili polymery 6 % celkového složení materiálů a nyní tvoří okolo 18 %, takže se jejich množství ztrojnásobilo. Jejich výhody jsou nezpochybnitelné, zejména úspora hmotností, díky čemuž jsou auta naopak ekologičtější a mají téměř neomezenou tvarovatelnost. [5]

Velkou nevýhodou ale zůstává, že drtivou většinu polymerů není možné opětovně využít ke stejným účelům, je maximálně možné užití pro jiné účely. I to je ovšem komplikovaný proces a výrobky z recyklovaných plastů mají vždycky horší vlastnosti a jsou zdravotně škodlivější než ty původní. V automobilech jsou spolu plasty úzce spojeny a je velmi obtížné oddělit jednotlivé druhy. Termosety dokonce nemohou být ani roztaveny, jelikož mají trvalou strukturu, a tudíž je u nich recyklace naprosto vyloučena. Další kapitolou jsou pěny a různé výplně, které se navíc jednoduše znečistí například olejem. Díky všem těmto aspektům je nutné nalézt ekologičtější řešení, a proto se nabízí například plasty na bázi biomasy. [5]

5.5.1 PLA-POLYMLÉČNÁ KYSELINA

Jedním typem bioplastů je PLA vyráběný fermentací škrobů, například kukuřice a dalších obilnin, který nachází uplatnění například jako interiérové komponenty. Současné metody recyklace PLA jsou buď mechanické, nebo chemické přepracování. Nejpodstatnější výhodou ovšem zůstává, že materiál je na rozdíl od ostatních kompostovatelný, což znamená, že je volně rozložitelný v přírodě a tudíž nezatežuje životní prostředí. Další velkou výhodou materiálu je možnost použití u 3D tisku. Výrobci sice namítají, že materiál vydrží podstatně méně než klasický plast, a proto do něj i nadále přidávají chemické látky, dle mého názoru je však lepší častěji vyměnit bioplast, který se ale jednoduše rozloží. [39]



Obr. 5.3 Vybrané vlastnosti PLA a dalších nejčastěji používaných polymerů [39]

5.5.2 CUKROVÁ ŘEPA

Výrobou materiálů z cukrové řepy se již v současnosti zabývají některé firmy například v Edinburku. Tomuto materiálu se obecně říká „Curran“, což je materiál vyrobený z celulózových nanovláken z kořenové zeleniny. Cukrová řepa je upřednostňována z toho důvodu, že při výrobě cukru asi 20 % tvoří odpad, který se pak dá právě využít. Její doba růstu je jeden rok a dokáže se rychle rozložit, což je značná výhoda. Materiál je možné použít nejenom v automobilovém nebo leteckém průmyslu, ale i v mnoha dalších odvětvích. Na výrobu je potřeba pouze 20 % energie oproti klasickým materiálům, jako je železo či hliník. Dokonce je dvakrát pevnější než uhlíkové vlákno a měl by být jeho konkurentem v budoucnu. [40] Navíc se nejedná o nějakou nereálnou myšlenku, jelikož v Nizozemsku byl již vyroben prototyp automobilu, převážně vyrobeného z tohoto materiálu. [41]

Výroba probíhá tak, že vodní suspenze buničiny je vystavena vysokému tlaku, smykovému napětí, turbulenci a kavitaci. Tyto faktory mají za následek rozpad suspenze na celulózová vlákna a po delším působení dojde k úplnému narušení buněk, až nakonec vzniknou nanovlákna. Existuje však ještě několik dalších způsobů, jak získat nanovlákna, například chemických způsobem. Vodní suspenze buničiny je zahřívána na 70-80 °C, spolu se 160 ml vody obsahující 1,5 g chloritanu sodného a 10 kapek kyseliny octové. Buničina je po tomto kroku omyta destilovanou vodou a následně pod vysokým tlakem až 20 MPa projde homogenizátorem a dojde ke vzniku nanovláken. Zajímavé je, že po tomto způsobu výroby jsme schopni získat až dvojnásobek celulózy, výroba je ovšem náročnější a zdlouhavější. [42]

5.5.3 LEN

Len představuje další z možných alternativ k biologicky rozložitelným polymerům. Jejich chování je však stále velmi nestabilní, zejména při zkoušce tahem. První dlouhé lněné vlákno bylo vyrobeno ve Francii pro použití v textilním průmyslu, v současnosti se snaží využít jeho potenciál i v dalších odvětvích. Zpracování lnu se skládá ze čtyř částí, namáčení lnu ve vodě, odstranění nečistot, narovnání a tažení lněných vláken a nakonec skládání do dlouhých svazků. Po zpracování následuje samotná výroba kompozitu, která je náročná z důvodu požadovaných vlastností materiálu. Některé základní vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 5.3, kde lze vidět, že lněné vlákno má velký potenciál zejména z důvodu nízké hmotnosti. Jeho pevností charakteristiky jsou však výrazně horší, právě z důvodu nestabilního chování. Dalším nedostatkem tohoto materiálu je jeho viskózní chování bez ohledu na teplotu okolí. Dokud tedy tento problém nebude vyřešen, není možné, aby se materiál více prosadil. [43, 44]

Tabulka 5.3 Vlastnosti lněného vlákna a jemu podobných materiálů [43]

Vlastnosti	Lněné	Skelné	Uhlíkové	(vlákno)
Hustota [kg/m ³]	1540	2540	1940	
Youngův modul [GPa]	58	72	588	
Mez pevnosti v tahu [MPa]	800	2220	3920	
Tažnost [%]	3,3	3	0,7	

5.5.4 OSTATNÍ MATERIÁLY

V nedávné době se vyskytla informace, že švédští inženýři objevili nový druh biomateriálu, který je dle jejich slov dokonce pevnější než pavoučí hedvábí, dosud nejpevnější biologický materiál. Inženýři dokázali zpracovat nanovlákná celulózy a vytvořit tak velmi lehký materiál s využitím nejen v automobilovém průmyslu. Úspěch spočívá v tom, že se vědcům podařilo využít metodu, která napodobuje procesy v přírodě, a to vede k uspořádání nanovláken do ideálních makrostruktur, na rozdíl od ostatních mechanických nebo chemických procesů. [45]

Je tedy zcela jisté, že alternativ ke klasickým polymerům vyráběných z ropy je celá řada a jejich vlastnosti nejsou výrazně horší. Současnou překážkou rozvoje těchto materiálů je zatím cena, to se zcela určitě změní, až ropa začne docházet a její ceny se zvýší. V tu chvíli ji tyto materiály mohou plnohodnotně nahradit.

ZÁVĚR

Práce se skládá ze čtyř hlavních částí, a to ekologie výroby, provozu, údržby a likvidace automobilů. Ve výrobě se zabývám moderními materiály, pneumatikami a dále porovnáním elektromobilů s automobily s klasickými spalovacími motory. Z dosažených výsledků je patrné, že výroba elektromobilů působí větší znečištění. V poslední řadě je řečeno o logistice celé výroby, která se výrazně podílí na znečištění ovzduší, ještě než samotné auto vyrazí na silnici. Za mě by tedy nejvýraznějším opatřením mělo být co největší centralizování celé výroby.

Co se týče provozu automobilů, je hlavním opatřením zavádění emisních norem a následně měření vypouštěných spalin. Zde jsem se snažil poukázat na problematiku měření vypouštěných emisí, jejichž výsledky se jen velmi těžko přibližují reálným hodnotám. Je také zcela jisté, že v nejbližší době se bude plošně přecházet na jiná alternativní paliva. V nejbližších letech bude mít převahu již nastupující elektřina, osobně si však myslím, že elektřinou to neskončí a prosadí se i ostatní paliva jako je například vodík.

Údržba automobilů je z velké části přehlížena. Přitom je potřeba si uvědomit, co vše je nutné pravidelně vyměňovat. Jako hlavní problém se ukázaly zejména pneumatiky a brzdy a jejich částice vzniklé za provozu, které se dále nekontrolovaně šíří do okolního prostředí. Dále jsem se zaměřil na provozní kapaliny, zejména motorový olej a jeho možnou ekologickou recyklaci. V tomhle ohledu celkové údržby by se měl vývoj zaměřovat jak na částice pocházející z brzd, tak na částice z pneumatik, které navíc se snižujícími se emisemi získávají mnohem více na váze.

Řešením v oblasti likvidace automobilů je především recyklace všech součástí. Tady narážíme na problém způsobený zejména tím, že kompletní recyklace celého vozu je velmi náročná a málokdo se jí věnuje. Je nutné přimět výrobce, aby také převzali část odpovědnosti za recyklaci vozu a umožnili její efektivní provedení. Dalším problémem je fakt, že mnoho materiálů nacházejících se v automobilu stále není možné plně recyklovat, nebo jen částečně, proto jsem se snažil ukázat přehled možných alternativních a biologicky rozložitelných materiálů. To je z mého pohledu také hlavním cílem do budoucna, aby části automobilů byly pokud možno recyklovatelné, nebo přímo biologicky rozložitelné.

Ekologie spojená s automobily je bezpochyby velmi složitý problém. Má bakalářská práce ukazuje celkový přehled většiny hlavních ekologických problémů a možnosti jejich řešení. Nalézt společné řešení pro všechny tyto faktory je téměř nemožné. Je nutné alespoň dojít ke kompromisu mezi jednotlivými oblastmi a maximálně tak snížit dopad automobilů na naši planetu. Z toho co jsem zjistil, lze vidět, že v každé oblasti je možné nalézt mnoho alternativ a v současnosti jde vývoj kupředu každým dnem. Proto je dle mého názoru možné problém s ekologií automobilů v budoucnu téměř vymýtit.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] WELLS, Peter and ORSATO, Renato. *The Ecological Modernisation of the Automotive Industry*. Berlin: Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, 2004.
- [2] ZÁRUBA, Ondřej. Investujeme.cz. *Analýza automobilového průmyslu: Obecně na téma automobilového průmyslu* [online]. © 2008 - 2019, [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.investujeme.cz/clanky/analyza-automobiloveho-prumyslu-obecne/>
- [3] ŠVANDOVÁ, Kateřina. *Auta ve škole. Historie* [online]. © 2010, [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: http://autaveskole.jaknahmyz.cz/historie_automobilismu
- [4] Sova, Sdružení na ochranu vlastníků automobilů. *Emisní poplatky* [online]. © 2004 - 2018, [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://www.sdruzeni-sova.cz/clanek/emisni-poplatky-2016>
- [5] MILLER, Lindsay, Katie SOULLIERE, Susan SAWYER-BEAULIEU, Simon TSENG a Edwin TAM. *Challenges and Alternatives to Plastics Recycling in the Automotive Sector*. Materials [online]. MDPI, 2014, **7**(8), 5883-5902 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: https://primo.lib.vutbr.cz/primo-expore/fulldisplay?docid=TN_pubmed_central5456202&context=PC&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default*tab&lang=cs_CZ
- [6] Twente Zon, *Brochure: Mercedes Benz B-Klasse Electric Drive* [online]. © 2019, [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <https://www.twentezon.nl/kennis-platform/overig/mercedes-benz-bluezero-b-elektrisch-rijden/brochure-mercedes-benz-b-klasse-electric-drive/>
- [7] GROHMANN, Jan. Hybrid.cz. *Materiály budoucnosti v automobilovém průmyslu: bavlna, konopí, dřevo* [online]. © 2006 – 2018, [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/materialy-budoucnosti-v-automobilovem-prumyslu-bavlna-konopi-drevo>
- [8] WU, Jian Qing, ZHONG, Zhi Li. The Applications of Basalt Fiber in the Automotive Industry in the Future. *Advanced Materials Research* [online]. Trans Tech Publications, 2011, **332**, 723-726 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://www.scientific-net.ezproxy.lib.vutbr.cz/AMR.332-334.723.pdf>
- [9] CONTINENTAL. *Constructing Tires From Dandelions* [online]. © 2019, [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.continentaltire.com/news/continental-constructing-tires-dandelions>
- [10] Technický portál. *Pneumatika Goodyear Oxygene dokáže vyrábět kyslík* [online]. 20. Srpna 2018, 7:00 SEČ, [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/plasty/pneumatika-goodyear-oxygene-dokaze-vyrabet-kyslik_44860.html
- [11] KERNS, Jeff. MachineDesign. *What's the Difference Between Batteries and Capacitors?* [online]. 11. Května 2015, [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://www.machine>

- design.com/batteriespower-supplies/what-s-difference-between-batteries-and-capacitors
- [12] VOJÁČEK, Antonín. Automatizace. *Superkondenzátor - princip, vlastnosti, použití* [online]. © 1997 - 2014, [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/clanek/2006122601>
- [13] QIAO, Qin Yu Zhao. Comparative Study on Life Cycle CO2 Emissions from the Production of Electric and Conventional Vehicles in China. *Energy Procedia* [online]. Elsevier, 2017, 105, 3584-3595 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S1876610217309049/1-s2.0-S1876610217309049-main.pdf?_tid=89de6d08-1ca0-4ce8-87345740b847863f&acdnat=1550151200_46db014148432603f7aa1b3661455e73
- [14] ŠVARC, Michal. EcoFuture. *Je běžný automobil ekologičtější než elektromobil?* [online]. 24. Února 2017, [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanek/je-bezny-automobil-ekologictejsi-nez-elektromobil>
- [15] DVORÁK, František. iDNES.cz. *Podívejte se, jak se na Slovensku vyrábějí vozy Kia* [online]. 22. Září 2008, 10:10 SEČ, [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/podivejte-se-jak-se-na-slovensku-vyrabeji-vozy-kia.A080916_151719_automoto_fdv/foto/FDV25cec5_Body_shop_3.jpg
- [16] ROELANT, KEMPPAINEN, SHONNARD. Assessment of the Automobile Assembly Paint Process for Energy, Environmental, and Economic Improvement. *Journal of Industrial Ecology* [online]. 2004, 8(1-2), 173-191 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: https://primo.lib.vutbr.cz/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_wj10.1162/1088198041269355&noctext=PC&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default_tab&lang=cs_C
- [17] BAUMANN, Walter, DINGLREITER, Udo. Method for reprocessing and recycling of aqueous rinsing liquids from car painting with water-based paints in automobile industry. *Heat and Mass Transfer* [online]. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2011, 47(8), 1043-1049, [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://link-springer-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/article/10.1007/s00231-011-0861-1>
- [18] FERNANDO, Cris. Channel post. *MDSL streamlines supply chain management* [online]. © 2017, [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <http://www.channelpostmea.com/2010/10/09/mdsl-streamlines-supply-chain-management/>
- [19] VAN WEE, Bert, MOLL, Henri, DIRKS, Jessica. Environmental impact of scrap ping old cars. *Transportation Research Part D* [online]. Elsevier India Pvt, 2000, 5(2), 137-143 [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S1361920999000309/1-s2.0-S1361920999000309-main.pdf?_tid=617ce0da-a6f3-42e7-8d1d-1ef5c51447e0&acdnat=1552577845_b85dbdec489f94ef11ce86137320fdbc
- [20] HARRINGTON, Winston and MCCONNELL, Virginia. *Motor Vehicles and the Environment, RFF report*. Washington: Resources for the Future, 2003.

- [21] RÜCKL, Adam. Autohit. *Ekologická daň se chystá již i pro desetiletá auta* [online]. 14. Května 2015, [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <http://www.autohit.cz/no-vinky/128667-ekologicka-dan-se-chysta-jiz-i-pro-desetileta-auta>
- [22] Technický portál. *Jak na čistší auto* [online]. 22. Března 2019, 7:00 SEČ, [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/jak-na-cistsi-auto_46712.html
- [23] MAROTTA, A., PAVLOVIC, J., CIUFFO, B., SERRA, S., FONTARAS, G. Gaseous Emissions from Light-Duty Vehicles: Moving from NEDC to the New WLTP Test Procedure. *Environmental Science & Technology* [online]. AMER CHEMICAL SOC, 2015, **49**(14), 8315-8322 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://pubs-acsc-org.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b01364>
- [24] BUDZIK, Tomasz. Autokult. *Cykl WLTP zastąpił NEDC: koniec oszukiwania klientów?* [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://autokult.pl/33736,pod-tym-wzgledem-nowe-s60-wyprzedza-konkurencje-volvo-postawilo-na-bezpieczenstwo>
- [25] MINISTERSTVO DOPRAVY. *Metodický postup měření emisí vozidel ve stanicích měření emisí (SME) a ve stanicích technických kontrol (STK)*. 24. Zář 2018. Dostupné také z: <https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Ministerstvo/Vestniky-do-pravy/Vestniky-dopravy-2018/Vestnik-dopravy-10-2018/Metodicky-postup-mereni-emisi-vozidel-2018.pdf.aspx>
- [26] AMI COMMUNICATIONS. Technický portál. *Využitím LNG paliva v dopravě by se mohly emise skleníkových plynů do roku 2040 snížit o 142 milionů tun* [online]. 19. Února 2019, 15:41 SEČ, [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/vyuzitim-lng-paliva-v-doprave-by-se-mohly-emise-sklenikovyh-plynu-do-roku-2040-snizit-o-142-milionu-tun_46341.html
- [27] Alternative Fuels. *Transitions to Alternative Vehicles and Fuels*. National Academies Press, 2013, s. 42-76. [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/18264/chapter/6>
- [28] WAGNER, Stephan, HÜFFER, Thorsten. Tire wear particles in the aquatic environment - A review on generation, analysis, occurrence, fate and effects. *Water Research* [online]. Elsevier, 2018, 139, 83-100 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S0043135418302471/1-s2.0-S0043135418302471-main.pdf?_tid=610ce307-9279-435e-af06-e13ef173e14f&acdnat=1550242360_6629f9c2872a916339f08951b028687f
- [29] HULSKOTTE, J. Elemental composition of current automotive braking materials and derived air emission factors. *Atmospheric Environment* [online]. Elsevier, 2014, 99, 436-445 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S1352231014007845/1-s2.0-S1352231014007845-main.pdf?tid=3625627b-6156-4f4f-bc09-3042d389fffc&acdnat=1550238264_51be6f34f17cf6bdec0c27968bd69489
- [30] PECÁK, Radek. Autorevue.cz. *Brzdy už produkují více částic než výfuky. Dostanou proto vysavače* [online]. 19. Listopadu 2017, [cit. 2019-04-30]. Dostupné z:

<https://www.autorevue.cz/brzdy-uz-produkuji-vice-castic-nez-vyfuky-dostanou-protovysavace>

- [31] STRAFFELINI, G., CIUDIN R., CIOTTI A., GIALANELLA S. Present knowledge and perspectives on the role of copper in brake materials and related environmental issues: A critical assessment. *Environmental Pollution* [online]. Elsevier, 2015, **207**, 211-219 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S0269749115300713/1-s2.0-S0269749115300713-main.pdf?tid=f2124f86-bf0b-4f4d-9f54-94750845a579&acdnat=1551366249_6da0b5427af0fba21b6050513c2985a6
- [32] DEGAFFE, Fanule, TURNER Andrew. Leaching of zinc from tire wear particles under simulated estuarine conditions. *Chemosphere* [online]. Elsevier, 2011, **85**(5), 738-743 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S0045653511006904/1-s2.0-S0045653511006904-main.pdf?_tid=cd872332-84c4-47e9-b7e9-8456df36fda3&acdnat=1551429173_5356f320effbee10a422b1b1757795d5
- [33] LAM, S.s., RUSSELL A.d., CHASE H.a. *Industrial and Engineering Chemistry Research* [online]. 2010, **49**(21), 10845-10851 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://pubs-acs-org.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/pdf/10.1021/ie100458f>
- [34] KWACH, B., LALAH, J. High Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Found in Water and Sediments of Car Wash and Kisat Areas of Winam Gulf, Lake Victoria-Kenya. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* [online]. New York: Springer-Verlag, 2009, **83**(5), 727-733 [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://link-springer-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/content/pdf/10.1007%2Fs00128-009-9859-5.pdf>
- [35] EUROSTAT. *Total number of end-of-life vehicles, 2008–2016* [online]. 5. Února 2019, SEČ 20:45. [cit. 2019-3-25]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:T1Total_number_of_end-of-life_vehicles,_2008%E2%80%932016_\(number_of_vehicles\).png&ol did=421346](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:T1Total_number_of_end-of-life_vehicles,_2008%E2%80%932016_(number_of_vehicles).png&ol did=421346)
- [36] JELÍNEK, Matouš. Auto.cz. *Podívejte se, jak přesně probíhá ekologická likvidace vozu* [online]. 9. Září 2018, [cit. 2019-3-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/ekologicka-likvidace-vozu-na-konci-cesty-124413>
- [37] GAO, Yang, LI, Yu, WU, Song, ZHU, Yi. Research on Recycling Management Model for Traction Batteries of Electric Vehicles. *Advanced Materials Research* [online]. 2013, **664**, 358-363 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <https://www-scientific-net.ezproxy.lib.vutbr.cz/AMR.664.358.pdf>
- [38] FORSLIND, K.h. Implementing extended producer responsibility: the case of Sweden's car scrapping scheme. *Journal of Cleaner Production* [online]. Elsevier, 2005, **13**(6), 619-629 [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S0959652604000095/1-s2.0-S0959652604000095-main.pdf?_tid=f54a2131-c51a-4369-bfa2-b200e0abb322&acdnat=1552576046_5075b6a0494b2dc05c8bfb510d689f7d

- [39] DORGAN, John, LEHERMEIER, Hans, MANG, Michael. ResearchGate. *Thermal and Rheological Properties of Commercial-Grade Poly(Lactic Acid)s* [online]. Leden 2000, [cit. 2019-04-05] Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-the-mechanical-properties-of-PLA-with-some-common-plastic-packaging_fig1_227040442
- [40] Reuters. *Sugar beet waste product could be billion dollar 'wonder material'* [online]. 16. Zář 2015, [cit. 2019-3-25]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/article/us-sugar-beet/sugar-beet-waste-product-could-be-billion-dollar-wonder-material-idUSKCN0RG29I20150916>
- [41] SCHARPING, Nathaniel. Discover. *A New Take on the Biodegradable Car* [online]. 8. Srpn 2017, [cit. 2019-3-25]. Dostupné z: <http://blogs.discovermagazine.com/d-brief/2017/08/08/biodegradable-car/#.XLgtSugzZPa>
- [42] LI, Meng, WANG, Li-jun, LI, Dong, CHENG, Yan-ling, ADHIKARI Benu. Preparation and characterization of cellulose nanofibers from de-pectinated sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers* [online]. Elsevier B.V, 2014, **102**, 136 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: https://primo.lib.vutbr.cz/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_gale_ofa358895989&context=PC&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default_tab&lang=cs_CZ
- [43] POILÂNE, C., Z.e. CHERIF, F. RICHARD, A. VIVET, B. BEN DOUDOU, J. CHEN. Polymer reinforced by flax fibres as a viscoelastoplastic material. *Composite Structures* [online]. Elsevier [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: [https://primo.lib.vutbr.cz/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_sciversesciencedirect_elsevierS0263-8223\(14\)00056-7&noctext=PC&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default_tab&lang=cs_CZ](https://primo.lib.vutbr.cz/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_sciversesciencedirect_elsevierS0263-8223(14)00056-7&noctext=PC&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default_tab&lang=cs_CZ)
- [44] LAURENT, Guillaumat, Terekhina SVETLANA, Derbali IMED, Monti ARTHUR, Jendli ZOUHAIER. Flax Fibers Reinforced Thermoplastic Resin Based Biocomposites, a Future for Sustainable Composite Parts. *MATEC Web of Conferences* [online]. EDP Sciences, 2018, **203**, 06019 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: https://primo.lib.vutbr.cz/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_gale_ofa358895989&noctext=PC&vid=420BUT&search_scope=Everything&tab=default_tab&lang=cs_CZ
- [45] Technický portál. *Nejlepší umělé pavoučí hedvábí je z proteinů a nanocelulózy* [online]. 23. Červen 2017, 7:00 SEČ, [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://www.technickydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/jak-na-cistsi-auto_46712.html

